

# **Einsatz von immersiver Virtual Reality für die heilpädagogische Förderung von Kin- dern mit besonderem Bildungsbedarf - Kon- zeption einer Lerneinheit**

## **Bachelorarbeit**

im Studiengang Wirtschaftsinformatik

Vorgelegt von

**Timothy Locher**

Matr.-Nr.: 15534969

lochetim@students.zhaw.ch

am

23.05.2019

an der ZHAW School of Management and Law

Betreut von

Elke Brucker-Kley (brck)

## Management Summary

In der Sonder- und Heilpädagogik werden vermehrt Informatikmittel eingesetzt, um wichtige Kompetenzen zu entwickeln und damit die Partizipation im Alltag und Arbeitsleben sicherzustellen. Das Potenzial von immersiver Virtual Reality wird jedoch noch nicht ausgeschöpft. Heilpädagogen sehen Möglichkeiten, Virtual Reality in der Einzelförderung einzusetzen, um beispielsweise Alltagssituationen zu simulieren oder abstrakte Lerninhalte anschaulich beziehungsweise greifbar zu machen. Auch auf die Effekte auf die Lernmotivation scheinen von hoher Relevanz um schnellere Durchbrüche zu ermöglichen.

Diese Bachelor-Thesis zeigt, wie mithilfe von heilpädagogischen Fachkräften eine Lerneinheit konzipiert werden kann, welche sowohl die Möglichkeiten von immersiver Virtual Reality ausschöpft als auch den didaktischen/heilpädagogischen Prinzipien gerecht wird.

Um dieses Ziel zu erreichen wurde eine Kombination aus «Design Science Research» und «Human Centered Design» angewandt. Während mehreren Evaluationszyklen wurde mithilfe des bestehenden State-of-the-Art in der Pädagogik in Bezug auf VR und dem Einbeziehen von schulischen Heilpädagoginnen ein Konzept evaluiert, welches sich an die Bedürfnisse der Endbenutzer (Kinder mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen) richtet.

Daraus resultierend ist ein Konzept für ein VR-Geometrielabor entstanden, welches sich im Lehrplan 21 an den Mathematischen Kompetenzbereich «Form & Raum» bindet und auf das entsprechende Lehrmittel abgestimmt ist. Für das modular aufgebaute VR-Geometrielabor sind Konzepte inklusive deren Storyboards für 4 Lerneinheiten entstanden. Die einzelnen Lerneinheiten wurden mit schulischen Heilpädagoginnen evaluiert, um den didaktischen Prinzipien gerecht zu werden.

Die angewandte Methodik eignet sich sehr gut für das Konzipieren von VR-Erlebnissen. Frühes Feedback von SHP ist essentiell für eine Erfolgreiche Umsetzung einer solchen Lernumgebung. Das Missachten von pädagogischen Prinzipien, welches erst während der Realisations- oder Testphase erkannt wird, kann das ganze Projekt gefährden. Diese Erkenntnis lässt sich auch auf andere Bereiche ausserhalb von der Pädagogik übertragen,

ein VR-Erlebnis sollte immer auf die Bedürfnisse des Zielpublikums abgestimmt werden. Ein modularer Aufbau, welcher die Lernenden über längere Zeit begleiten könnte, wird durch den mathematischen Kompetenzbereich «Form und Raum» ermöglicht, und von den schulischen Heilpädagoginnen befürwortet.

Das entstandene Konzept soll als Vorlage für eine Realisierung dienen. Sofern für das VR-Geometrielabor Module ausgetauscht oder ergänzt werden sollten, empfiehlt es sich eine erneute Evaluation mit den SHP durchzuführen, damit die didaktischen Prinzipien eingehalten werden. Die Messbarkeit der Auswirkungen von dem Lernerlebnis auf die Motivation und den Lernerfolg bedarf weiterer Nachforschung.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Management Summary</b>	<b>II</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Vorwort / Danksagung</b>	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Forschungsfrage(n)	2
1.3 Abgrenzungen	2
<b>2 Vorgehen und Methoden</b>	<b>3</b>
2.1 Design Science Research	3
2.2 Human Centered Design	4
<b>3 Stand der Forschung</b>	<b>5</b>
3.1 Lehrplan 21	5
3.2 Besondere pädagogische Bedürfnisse	6
3.2.1 Integrative Förderung	7
3.2.2 Integrierte Sonderschulung (ISR/ISS)	7
3.2.3 Lehrplan 21	8
3.3 Virtual Reality	9
3.3.1 Pädagogik mithilfe von Virtual Reality	9
3.3.2 Bisherige Einsätze von VR in der Pädagogik	12
<b>4 Thematik des Lerninhalts</b>	<b>14</b>
4.1 Vorgehensweise	14
4.2 Mögliche Kompetenzbereiche	15
4.2.1 Energieumwandlungen analysieren und reflektieren	15
4.2.2 Körperfunktionen verstehen	16
4.2.3 Mechanische elektrische Phänomene untersuchen	16
4.2.4 Sinne und Signale erforschen	17
4.2.5 Zahl und Variable	18
4.2.6 Form und Raum	19
4.3 Evaluation	20

<b>5</b>	<b>Konzept</b>	<b>22</b>
5.1	Idee	23
5.1.1	Winkel erkennen: Dreieck im Würfel	24
5.1.2	Geometrische Körper erkennen	25
5.1.3	Volumenberechnung: Erkenne Grundfläche und Höhe	25
5.1.4	Oberflächeninhalt: Veranschaulichung	26
5.2	Personen und Motive	26
5.3	Technologie	27
5.4	Interaktionsmodell	28
5.5	Storyboard	28
5.5.1	Winkel erkennen: Dreieck im Würfel	29
5.5.2	Geometrische Körper erkennen	31
5.5.3	Volumenberechnung: Erkenne Grundfläche und Höhe	33
5.5.4	Oberflächeninhalt: Veranschaulichung	35
5.6	Ton, Hinweise und Inputs	36
5.7	Messbarkeit der Module	37
<b>6</b>	<b>Schlussteil</b>	<b>38</b>
6.1	Konklusion	38
6.2	Erkenntnisse und Empfehlungen	39
	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b>	<b>40</b>
	<b>Anhang</b>	<b>i</b>
A	Schulische Heilpädagoginnen	i
B	Zusätzliche Skizzen für die Storyboards	ii

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Design Science Research Cycles in Bezug auf die Bachelor Arbeit	4
Abbildung 2: Hype Cycle for Education (Calhoun Williams, 2018, S. 4)	10
Abbildung 3: An enhanced model of learning in 3-D VLEs (Fowler, 2015, S. 418)	12
Abbildung 4: Beispiel eines rechten Winkels mit verfälschter Ansicht	24
Abbildung 5: Formung der Personen und Motive	27
Abbildung 6: Auswahl des Moduls	29
Abbildung 7: Blockdiagramm - Aufbau der jeweiligen Module	29
Abbildung 8 Winkel erkennen - Ausgangslage	30
Abbildung 9: Winkel erkennen - Auflösung	31
Abbildung 10: Geometrische Körper erkennen - Visuelles Intro a	31
Abbildung 11: Geometrische Körper erkennen - Visuelles Intro b	32
Abbildung 12: Geometrische Körper erkennen – Szenerie	33
Abbildung 13: Volumenberechnung - Visuelles Intro	33
Abbildung 14: Volumenberechnung – Grundfläche einzeichnen	34
Abbildung 15: Volumenberechnung - Höhe einzeichnen	35
Abbildung 16: Oberflächeninhalt - Veranschaulichung	36
Abbildung 17: Hinweis - Falsche Ausrichtung	37
Abbildung 18: Zusätzliche Dreiecke für das Modul «Winkel erkennen: Dreiecke im Würfel»	ii
Abbildung 19: Zusätzliche Objekte für das Modul «Geometrische Körper erkennen»	ii
Abbildung 20: Zusätzliche Prismen für das Modul «Volumenberechnung: Erkenne Grundfläche und Höhe»	iii
Abbildung 21: Zustände des Podestes im Modul «Oberflächeninhalt: Veranschaulichung»	iii

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vorgehensweise für die Evaluation einer optimalen Thematik für den Lerninhalt	14
Tabelle 2: Thematik «Energieumwandlungen analysieren und reflektieren»	15
Tabelle 3: Thematik «Körperfunktionen verstehen»	16
Tabelle 4: Thematik «Mechanische elektrische Phänomene untersuchen»	17
Tabelle 5: Thematik «Sinne und Signale erforschen»	18
Tabelle 6: Thematik «Zahl und Variable»	19
Tabelle 7: Thematik «Form und Raum»	20
Tabelle 8: The VR UX Strategy Outline (Fictum, 2016, S. 17)	22
Tabelle 9: Schulische Heilpädagogin - Barbara Christoffel	i
Tabelle 10: Schulische Heilpädagogin - Ruth Käsemodel	i

## Abkürzungsverzeichnis

AR	Augmented Reality
EBA	Eidgenössische Berufsattest
HarmoS-Konkordat	Interkantonale Vereinbarung über die Harmonisierung der obligatorischen Schule
HfH	Interkantonale Hochschule für Heilpädagogik
IF	Integrative Förderung
INSOS	Nationaler Branchenverband der Institutionen für Menschen mit Behinderung
ISR	Integrierte Sonderschulung in der Verantwortung der Regelschule
ISS	Integrierte Sonderschulung in der Verantwortung der Sonderschule
PrA	Praktische Ausbildung
SHP	Schulische Heilpädagogen/-innen
VR	Virtual Reality

## Vorwort / Danksagung

Ich danke den beiden schulischen Heilpädagoginnen Barbara Christoffel und Ruth Käsemodel für die Zeit, die sie sich genommen haben und den wertvollen Inputs während des Evaluationsprozesses und der Konzipierung des Lerninhaltes.

# 1 Einleitung

Der Schwerpunkt dieser Bachelor-Thesis liegt auf der Konzeption einer Lerneinheit für Kinder mit besonderem Bildungsbedarf. Die Lerneinheit soll sowohl die Möglichkeiten von immersiver Virtual Reality ausschöpfen wie auch den didaktischen/heilpädagogischen Prinzipien gerecht werden. Die Lerneinheit soll die Kinder dabei unterstützen, sich im Lehrplan 21 verankerte Kompetenzen anzueignen. Sowohl bei der Evaluation einer geeigneten Thematik wie auch der Konzipierung des Lerninhaltes werden Inputs von zwei Heilpädagogen eingeholt. Nicht behandelt werden die Realisierung des Konzeptes sowie das prototypische Erproben von Lerninhalten.

## 1.1 Ausgangslage

Im Schweizer Schulwesen wurde ein Anstieg von Schülern mit Unterstützungslektionen festgestellt (Gerny, 2014). Infolgedessen nehmen auch die Kosten für sonder- und heilpädagogische Massnahmen kontinuierlich zu. Gleichzeitig herrscht ein grosser Mangel an heilpädagogischen Fachkräften (Kunz, 2016). Kinder mit IF/ISR-Status sind jedoch in besonderem Masse auf Einzelförderung angewiesen, um Lernfortschritte zu erzielen. Um die Entwicklung wichtiger Kompetenzen und damit die Partizipation im Alltag und Arbeitsleben sicherzustellen, kommen auch vermehrt Informatikmittel zum Einsatz. Das Potenzial von immersiver VR scheint jedoch noch nicht genutzt zu werden. Heilpädagogen sehen interessante Möglichkeiten, immersive VR für die Einzelförderung einzusetzen, zum Beispiel um Alltagssituationen zu simulieren oder abstrakte Lerninhalte anschaulich beziehungsweise greifbar zu machen. Auch die Effekte auf die Lernmotivation scheinen für Kinder mit besonderem Bildungsbedarf von hoher Relevanz, da sie häufig lange Zeit mit einem Thema verbringen, bevor sie die nächste Kompetenzstufe erreichen (zum Beispiel Schritt vom Einer- in den Zehnerraum oder Objektkonstanz). Die Lernerlebnisse mit vollimmersiver VR könnten hier neue Motivation für schnellere Durchbrüche ermöglichen.



## 1.2 Forschungsfrage(n)

Diese Arbeit behandelt folgende Hauptfragestellung:

- Wie kann man mit heilpädagogischen Fachkräften eine Lerneinheit konzipieren, die sowohl die Möglichkeiten von immersiver Virtual Reality (VR) ausschöpft als auch den didaktischen/heilpädagogischen Prinzipien gerecht wird?

Folgende Sub-Fragestellungen helfen, das Ziel zu erreichen:

- Welche Erkenntnisse (State-of-the-Art) gibt es schon zum Einsatz von immersiver VR für Lernen allgemein und gegebenenfalls Heilpädagogik, die sich nutzen lassen?
- Welche(s) Lernziel(e) aus dem Lehrplan 21 eignen sich insbesondere für den Einsatz von immersiver VR? Wo stiftet VR wirklich einen Mehrwert für Jugendliche mit besonderem Bildungsbedarf?
- Was für ein Konzept einer immersiven Virtual Reality Lerneinheit liesse sich für dieses Lernziel umsetzen? Wie würde diese Lerneinheit aussehen?
- *Wie liessen sich die Auswirkungen auf das Lernerlebnis, die Motivation und den Lernerfolg «messen/bewerten»?*

Letztere Sub-Frage liegt nicht im Fokus dieser Arbeit. Es werden lediglich Ansätze überlegt, wie man den Lernerfolg messen könnte.

## 1.3 Abgrenzungen

Die Realisierung sowie das prototypische Erproben der konzipierten Lerneinheit sind kein Teil dieser Bachelor-Thesis. Auch die Messbarkeit und Bewertung der Auswirkungen von der Lerneinheit auf die Lernenden wird lediglich in Ansätzen erarbeitet.

## **2 Vorgehen und Methoden**

In dieser Bachelor-Thesis wird eine Kombination aus Design Science Research und Human Centered Design angewandt. Dieses Kapitel beschreibt die jeweiligen Methoden in Bezug auf die Anwendung in dieser Arbeit.

### **2.1 Design Science Research**

Die Design-Science-Research-Methode wird in dieser Bachelor-Thesis, wie in Abbildung 1 dargestellt, angewandt. Der Fokus wird auf drei zusammenhängende Forschungszyklen gelegt: Relevance Cycle, Design Cycle und Rigor Cycle (Hevner & Chatterjee, 2010, S. 17). Der «Relevance Cycle» verbindet die kontextabhängige Umgebung mit den Design-Science-Aktivitäten (Hevner & Chatterjee, 2010, S. 17). Der «Rigor Cycle» verbindet die Design Science Aktivitäten mit wissenschaftlichen Grundlagen (Hevner & Chatterjee, 2010, S. 17). Der zentral angeordnete «Design Cycle» wiederholt die Kernaktivitäten Bau und Evaluation der Artefakte (Hevner & Chatterjee, 2010, S. 17).

Auf diese Arbeit bezogen, entspricht die Umgebung den Heilpädagogen, den Lernenden und den jeweiligen Schulen. Jede dieser drei Parteien ist ein relevanter Einflussfaktor in Bezug auf die Konzipierung der Lerneinheit. Bei mehreren Besprechungen mit zwei Heilpädagoginnen werden Anforderungen in Bezug auf die Evaluation und die Erstellung des Konzepts für den Lerninhalt eingeholt und diskutiert («Relevance Cycle»). Beim «Rigor Cycle» werden Inputs aus bisherigen Studien und Literatur betreffend VR in der Heilpädagogik beigezogen. Im «Design Cycle» wird das Konzept mithilfe des Gleichgewichtes der beiden anderen Zyklen generiert und evaluiert.

Für eine Review des finalen Konzepts war ein Treffen mit einer Heilpädagogin der interkantonalen Hochschule für Heilpädagogik (HfH) Zürich vorgesehen, jedoch konnte dieses aus Ressourcengründen seitens der Heilpädagogin nicht stattfinden.

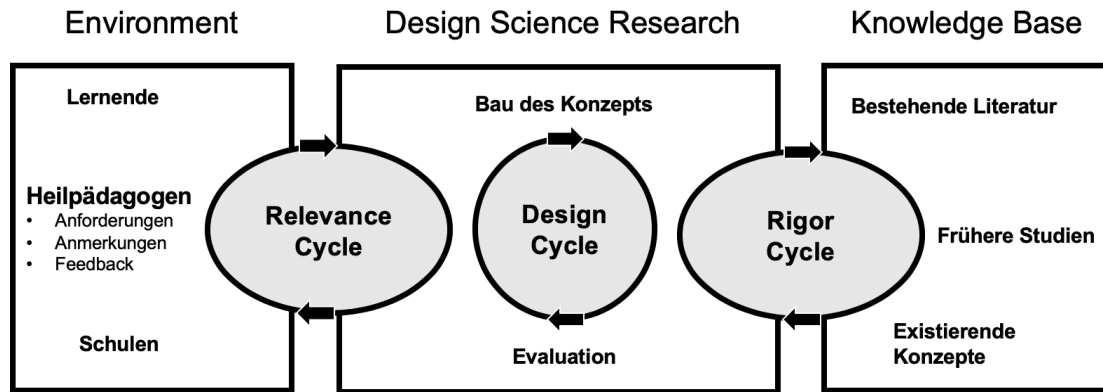


Abbildung 1: Design Science Research Cycles in Bezug auf die Bachelor Arbeit

## 2.2 Human Centered Design

Human Centered Design stellt bei der Erstellung eines Produktes die Benutzung für den Menschen in den Vordergrund. Eine brillant ausgearbeitete Lösung ist irrelevant, wenn sie für das Zielpublikum nicht funktioniert (Jerald, 2016, S. 374). Sofern die Benutzer nicht in der Lage sind die Erwartungen an die VR Umgebung zu erfüllen, besteht ein Designproblem (Jerald, 2016, S. 374). In dieser Arbeit wird deshalb bei der Evaluation der Thematik und der Konzipierung des Lerninhaltes die gesamte Benutzererfahrung berücksichtigt. Heilpädagogogen werden in die Evaluation der Lerninhalte und Konzepte eingebunden, um ein Human Centered Design zu gewährleisten. Das Feedback in den Anfängen des Projekts ist essentiell, da eine späte Erkenntnis von Designfehlern das ganze Projekt gefährden kann (Jerald, 2016, S. 374).

### **3 Stand der Forschung**

In den folgenden Paragraphen wird der Stand der Forschung in Bezug auf den Lehrplan 21, die Förderung von Kindern mit besonderen Pädagogischen Bedürfnissen und Virtual Reality erörtert.

#### **3.1 Lehrplan 21**

Der Lehrplan beschreibt den bildungspolitisch legitimierten Auftrag der Gesellschaft an die Volksschule (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2017). Die Ziele für den Unterricht in allen Stufen der Volksschule werden durch diesen festgelegt und somit dient er als Planungsinstrument für Lehrpersonen, Schulen und Bildungsbehörden (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2017). Er liefert eine Orientierung über die in der Volksschule zu erreichenden Kompetenzen (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2017, S. 21). Lehrmittel und Instrumente für die individuelle Standortbestimmung müssen dem Lehrplan untergeordnet werden (D-EDK, 2014, S. 4). Mit dem Lehrplan 21 wird erstmals ein Lehrplan für die gesamte Deutschschweiz erarbeitet (D-EDK, 2014, S. 9). Die Ziele des Unterrichts an der Volksschule in den 21 deutsch- und mehrsprachigen Kantonen werden dadurch harmonisiert (D-EDK, 2014, S. 4). Es gibt gemäss der Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (D-EDK) diverse Gründe, die für einen gemeinsamen Lehrplan für die deutsch- und mehrsprachigen Kantone argumentieren:

- Erleichterung eines Wohnortswechsels von Familien mit schulpflichtigen Kindern
- Grundlage für die Koordination der Lehrmittel und Erleichterung einer gemeinsamen Entwicklung der Lehrmittel für die deutschsprachige Schweiz
- Ein weiterer Schritt zur inhaltlichen Harmonisierung der Aus- und Weiterbildung der Lehrerinnen und Lehrer
- Grundlage für die Entwicklung von Instrumenten zur förderdiagnostischen Leistungsmessung, welche in der ganzen Deutschschweiz eingesetzt werden können (2014, S. 4)

Der Lehrplan 21 baut auf den, von dem HarmoS-Konkordat (interkantonale Vereinbarung über die Harmonisierung der obligatorischen Schule) festgelegten, gesamtschweizerisch verbindlichen Grundkompetenzen auf (D-EDK, 2014, S. 10). Die Leistungsvorgaben rei-

chen jedoch über diese Grundanforderungen hinaus (D-EDK, 2014, S. 5). Trotz der Erwartung, dass diese Grundanforderungen von einem Grossteil der Schülerinnen und Schüler übertroffen werde, wird es weiterhin Schülerinnen und Schüler geben, welche die Grundansprüche nicht erreichen und mit angepassten Lernzielen arbeiten (D-EDK, 2014, S. 5). Damit der Lehrplan 21 transparent, verständlich und nachvollziehbar darstellt, was die Schülerinnen und Schüler wissen und können, werden die Ziele in Form von Kompetenzen beschrieben (D-EDK, 2014, S. 13). Dies bedeutet, dass der Lehrplan nicht beim Behandeln des Stoffes im Unterricht erfüllt ist, sondern erst dann, wenn die Schülerinnen und Schüler über das nötige Wissen verfügen und dieses auch anwenden können (D-EDK, 2014).

Der Lehrplan 21 gliedert die Schulzeit in drei Zyklen: Der Kindergarten und die ersten beiden Schuljahre der Primarschule (erster Zyklus), das 3. bis 6. Schuljahr der Primarschule (zweiter Zyklus) und die drei Schuljahre der Sekundarstufe (dritter Zyklus) (D-EDK, 2014, S. 10). Jeder Kanton hat selber entschieden, auf welchen Zeitpunkt, mit welchen begleitenden Massnahmen und welchen kantonalen Ergänzungen er den Lehrplan 21 einführen wird (D-EDK, 2014, S. 15). In Zürich sind die ersten beiden Zyklen (ausgenommen die 6. Klasse) des Lehrplan 21 auf das Schuljahr 2018/2019 in Kraft getreten. Für die 6. Klasse der Primarschule und den 3. Zyklus tritt der Lehrplan 21 in Zürich auf das Schuljahr 2019/2020 in Kraft (BKZ, 2018).

### **3.2 Besondere pädagogische Bedürfnisse**

Bei Kindern und Jugendlichen, welche die Lernziele ihrer jeweiligen Schulstufe nur mit ausserordentlicher Anstrengung teilweise oder gar nicht erreichen, wird von einem «besonderen pädagogischen Bedürfnis» gesprochen (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2016, S. 2). Diese Bedürfnisse können vorübergehend auftreten oder auch über längere Zeit andauern (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2016, S. 2). Die Volksschule des Kantons Zürich besitzt eine zentrale Zielsetzung, dass alle Kinder und Jugendliche mit ihren unterschiedlichen Bedürfnissen und Fähigkeiten möglichst gemeinsam in der Regelklasse unterrichtet werden (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2011, S. 2).

### **3.2.1 Integrative Förderung**

Mit der integrativen Förderung zeigt das Schulwesen Anerkennung, dass Schülerinnen und Schüler in einer Regelklasse sich hinsichtlich Entwicklungsstand, Lern- und Leistungsfähigkeit, sozialer und sprachlicher Herkunft oder Verhalten unterscheiden (Stadt Zürich Schul- und Sportdepartement, o. J.). Die Klassenlehrperson begleitet mithilfe einer speziell ausgebildeten Förderlehrperson der Schulischen Heilpädagogik (SHP) die Schülerinnen und Schüler mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen auf ihrem Lernweg (Stadt Zürich Schul- und Sportdepartement, o. J.). Durch die zweite Fachperson wird Teamteaching ermöglicht, in welchem eine Regelklasse von der Lehrperson und der SHP gemeinsam unterrichtet wird (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2011, S. 6). Die integrative Förderung in der Regelschule unterstützt die einzelnen Schülerinnen und Schüler insbesondere bei den folgenden Herausforderungen:

- Allgemeines Lernen (Aufmerksamkeit, Lernstrategien, Gedächtnis etc.)
- Lesen und Schreiben
- Mathematisches Lernen (inkl. Rechenschwäche)
- Umgang mit Anforderungen (Motivation, Steuerung des eigenen Verhaltens, Umgang mit Gefühlen etc.)
- Umgang mit Menschen (Sozial- und Verhaltenskompetenz)
- Unterforderung bei Kindern und Jugendlichen mit ausgeprägten Begabungen (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2016, S. 3)

Integrative Förderung kann auch ausserhalb der Klasse in einer kleinen Fördergruppe stattfinden.

### **3.2.2 Integrierte Sonderschulung (ISR/ISS)**

Grundsätzlich erfolgt die integrierte Sonderschulung in einer Regelklasse des entsprechenden Jahrgangs (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2012, S. 8). Sofern sich mehrere Kinder mit Sonderschulstatus im gleichen Schulhaus auf der gleichen Stufe befinden, können sie im Rahmen der gleichen Klasse gefördert werden (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2012, S. 8). Die Klassenlehrperson wird bei der integrierten Sonderschulung von einer heilpädagogischen Fachperson unterstützt (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2012, S. 8). Die integrierte Sonderschulung unterscheidet zwischen ISR (Integrierte Sonderschulung in der Verantwortung der Regelschule) und ISS (Integrierte Sonderschulung in

der Verantwortung der Sonderschule). Bei der ISR liegt die Verantwortung bei der Regelschule. Die Schulpflege beschliesst in diesem Fall, die integrierte Sonderschule mit gemeindeeigenem Personal (SHP, Therapie, Assistenz) durchzuführen (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2012, S. 8). Bei der ISS hingegen, liegt die Verantwortung bei einer Sonderschule, welche durch die Schulpflege beauftragt wird (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2012, S. 8). Die Schülerin oder der Schüler ist in diesem Fall administrativ einer Sonderschule zugeteilt, besucht jedoch eine Regelklasse in der Regelschule an ihrem/seinem Wohnort (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2012). Bei der ISS besteht die Möglichkeit einer Teilintegration, in der die Schülerin oder der Schüler einen Teil der Schultage in der Sonderschule und einen Teil der Schultage in der Regelschule verbringt (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2012). Die entsprechenden Modalitäten zwischen der Regel- und Sonderschule sind in diesem Fall klar zu vereinbaren (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2012, S. 8).

Es gibt mehrere Möglichkeiten von Sonderschulung ausserhalb der Regelschule, auf welche in dieser Bachelor-Thesis jedoch nicht eingegangen werden.

### **3.2.3 Lehrplan 21**

Der Lehrplan gilt auch für die Beschulung von Schülerinnen und Schüler mit besonderem pädagogischen Bedürfnissen in der Regelschule oder in einer Sonderschule (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2018, S. 4). Auch hier gibt der Lehrplan eine Orientierung über die anzustrebenden Bildungsziele (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2018, S. 4). Die Verwendung im Unterricht für Schülerinnen und Schüler mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen wird durch den Zürcher Lehrplan aus verschiedenen Gründen erleichtert (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2018, S. 4). Der Zürcher Lehrplan erleichtert den Umgang mit heterogenen Lernvoraussetzungen, da er davon ausgeht, dass die angestrebten Kompetenzen nicht von allen Schülerinnen und Schülern zur selben Zeit erreicht werden (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2018, S. 4). Dies unterstützt differenzierende Unterrichtskonzepte (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2018, S. 4). Zusätzlich eignet sich die Orientierung an den zu erwerbenden Kompetenzen auch im Unterricht für Schülerinnen und Schüler mit besonderem pädagogischen Bedürfnissen (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2018, S. 4). Zum Beispiel bei der Formulierung von Kompetenzen der Alltagsbewältigung und der Beteiligung am gesellschaftlichen und kulturellen Leben (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2018, S. 4). Dies hat einen guten Unterricht in der Vergangenheit

ausgezeichnet und der Zürcher Lehrplan knüpft dementsprechend konzeptionell an eine bewährte Unterrichtspraxis der Regel- und Sonderschulen an (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2018, S. 4).

### **3.3 Virtual Reality**

Gemäss Jason Jerald ist Virtual Reality eine computergenerierte digitale Umgebung, welche erlebt und interagiert werden kann, als wäre diese Umgebung real (2016, S. 9). In einer idealen virtuellen Umgebung kann der Benutzer sich physikalisch zwischen Objekten bewegen und diese berühren als ob sie real wären (Jerald, 2016, S. 9). Zurzeit liegt der Fokus noch auf der Unterhaltungsbranche, insbesondere Videospielen (Jerald, 2016, S. 12). VR eignet sich gut für die Unterhaltungsbranche und wird auch in naher Zukunft die treibende Kraft in der VR-Forschung bleiben (Jerald, 2016, S. 12). Das Potenzial von VR beschränkt sich jedoch nicht nur darauf, denn es existieren erfolgreiche VR Applikationen unter anderem für wissenschaftliche Visualisierungen, militärisches Training, Entwurfsprüfungen und Therapien (Jerald, 2016, S. 12). Der Zugang zu VR ist aufgrund von kostengünstigen Systemen nicht mehr nur auf gut finanzierten akademischen und unternehmerischen Forschungslaboren limitiert (Jerald, 2016, S. 12). Es wird erwartet, dass der Markt erst im Bereich der Unterhaltungsbranche explodieren wird, dann jedoch in andere Branchen expandiert (Jerald, 2016, S. 12). Pädagogik, Telepräsenz und berufliche Trainings werden als nächste Bereiche vermutet, welche stark von VR profitieren werden (Jerald, 2016, S. 12).

#### **3.3.1 Pädagogik mithilfe von Virtual Reality**

Für Lernende mit besonderem Förderungsbedarf ist es mithilfe von technischen Errungenschaften möglich, unsichtbares sichtbar zu machen (Zierer, 2017, S. 61). Der Faktor «Digitalisierung bei besonderem Förderbedarf» wird deshalb vom Erziehungswissenschaftler Klaus Zierer mit einer «beachtlichen Effektstärke» eingestuft (Zierer, 2017, S. 61). Der Profit mithilfe des Einsatzes von VR in der Pädagogik wird von Kelly Calhoun Williams im Gartner Hype Cycle 2018 als «high» eingestuft (Calhoun Williams, 2018, S. 13). Die neue Generation von VR und AR Applikationen verspricht ein breites Spektrum an Lernaktivitäten (Calhoun Williams, 2018, S. 13). Unter anderem Exkursionen, welche den Benutzern ermöglichen unzugängliche Orte, wie beispielsweise historische Ereignisse in der Vergangenheit, zu bereisen (Calhoun Williams, 2018, S. 13). VR verspricht



die Möglichkeit, dass der Benutzer mit dem Lerninhalt intensiver interagieren kann (Calhoun Williams, 2018, S. 13). Im «Hype Cycle for Education» von Gartner wird VR der Phase «Innovation Trigger» zugeordnet (Stand Juli, 2018) (Abbildung 2) (Calhoun Williams, 2018, S. 4). Das Interesse an VR im Bildungswesen steigt weiterhin an (Calhoun Williams, 2018, S. 12). Bislang wurde die Geschwindigkeit der Entwicklung der Leistungsfähigkeit von VR durch den Markt für Videospiele angetrieben (Calhoun Williams, 2018, S. 12). Dies schafft jedoch auch für das Bildungswesen neue Möglichkeiten, da die Preise der verschiedenen Plattformen und Hardware sanken (Calhoun Williams, 2018, S. 12). Für einen breiten Einsatz an einer Schule, sind die Preise jedoch immer noch zu kostenintensiv (Calhoun Williams, 2018, S. 12). Der Mangel an qualitativ hochwertigen, schulungsspezifischen, auf den Lehrplan abgestimmten Inhalten bildet bislang eine Herausforderung (Calhoun Williams, 2018, S. 12). Gute Beispiele für den Einsatz von qualitativen Inhalten finden sich in der Medizin und im Gesundheitswesen, in welchen Simulationen besonders effektiv für das Verständnis der Lernenden sind (Calhoun Williams, 2018, S. 12). Das «Plateau of Productivity» wird, aufgrund der technischen Herausforderungen und den zu überwindenden pädagogischen Hindernissen, voraussichtlich in fünf bis zehn Jahren erreicht (Calhoun Williams, 2018, S. 12).

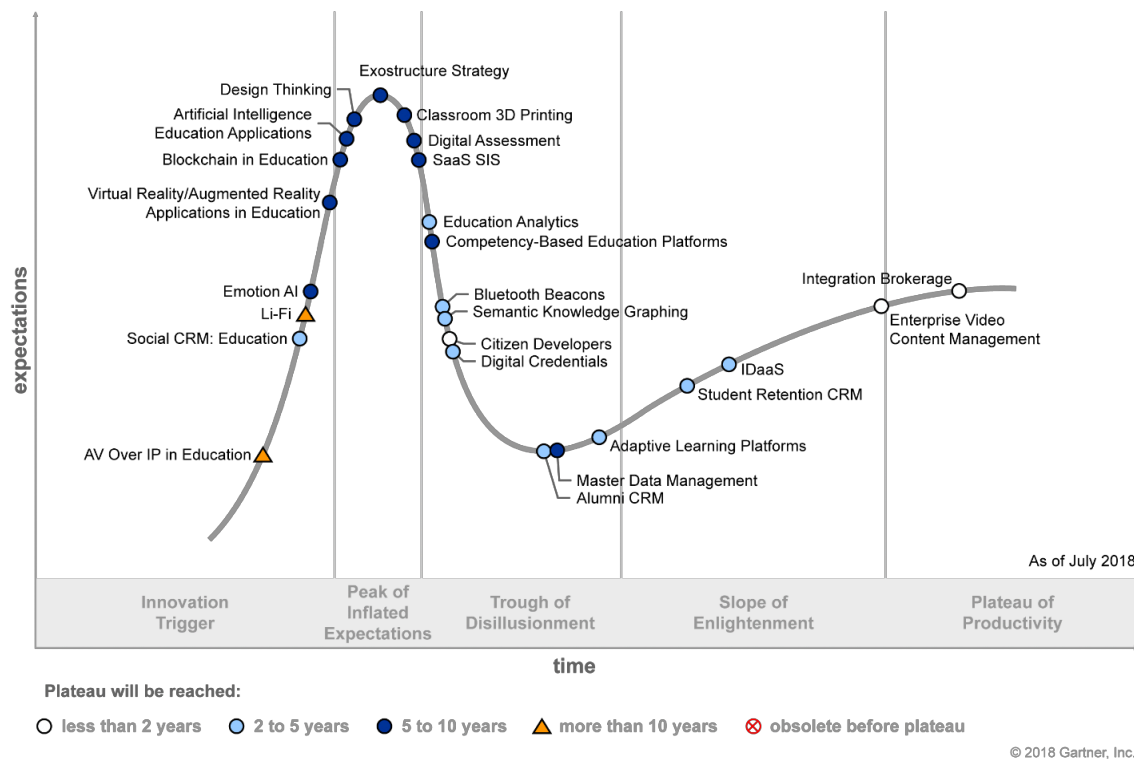


Abbildung 2: Hype Cycle for Education (Calhoun Williams, 2018, S. 4)

Bei dem Lernen in einer immersiver Simulation ist die stete Interaktion mit dem Lehrstoff ausschlaggebend (Höntzsch, Katzky, Bredl, Kappe, & Krause, 2013, S. 2). Höntzsch beschreibt mit Referenz auf Burdea und Coiffet, die «drei I» des Lernens in virtuellen Realitäten: Imagination, Immersion und Interaktion (Burdea & Coiffet, 2003; Höntzsch et al., 2013, S. 2). Imagination steht für die Vorstellungskraft und das Einbildungsvermögen des Lernenden, um sich in die Simulation hineinzusetzen (Höntzsch et al., 2013, S. 2). Der Lernende erhält durch seine Interaktionen sofortiges Feedback und Reaktionen vom System (Höntzsch et al., 2013, S. 2). Damit ein Gefühl von Immersion (das komplette Eintauchen ins System) erzeugt wird, erfolgt die Informationsaufnahme multimodal über mehrere Sinne (Höntzsch et al., 2013, S. 2).

Folgende Massnahmen sind gemäss Höntzsch et al. erforderlich, damit die Lust am Lernen bei einer Virtual Reality Simulation nicht verloren geht (2013, S. 4):

- klare Lernziele, Arbeitsaufträge und Instruktionen
- permanent verfügbare Hintergrundinformationen
- Hinweise und Übungen, die zur Reflexion anregen, zum Beispiel das Einstellen eines bestimmten Zustandes der Simulation

Im Bereich «Pädagogik mithilfe von VR» hat Fowler die Relevanz der pädagogischen Aspekte von einer 3D Lerneinheit genannt. Die Lernaktivität wird in die drei Phasen «Konzeptualisierung», «Konstruktion» und «Dialog» gegliedert (Fowler, 2015, S. 416). Mithilfe von diesen drei Phasen hat Fowler das Modell einer virtuellen 3D-Lernumgebung von Dalgarno und Lee erweitert (Abbildung 3) (Fowler, 2015, S. 418).

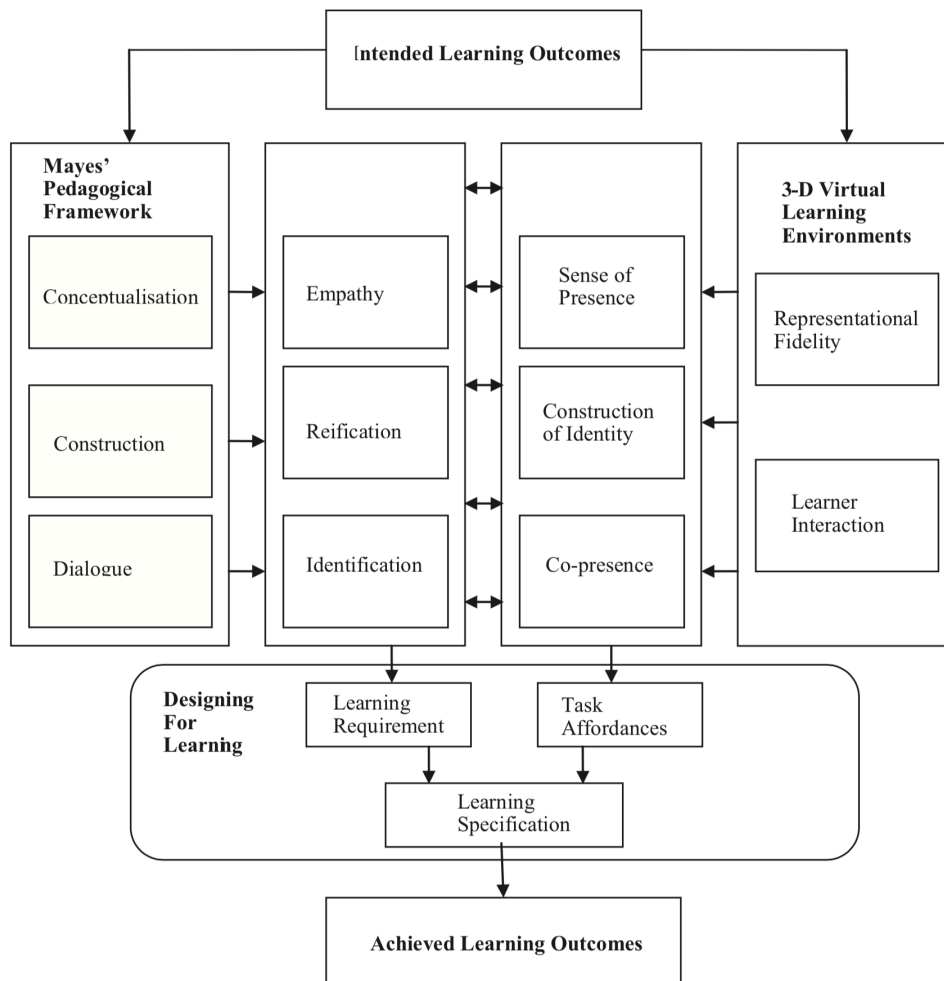


Abbildung 3: An enhanced model of learning in 3-D VLEs (Fowler, 2015, S. 418)

Fowlers erweitertes Modell leitet sich nicht nur aus den technischen Möglichkeiten ab, sondern beinhaltet auch die pädagogischen Anforderungen (Fowler, 2015, S. 415).

### 3.3.2 Bisherige Einsätze von VR in der Pädagogik

Es existieren bereits mehrere Versuche welche Virtual Reality in der Pädagogik einzusetzen. Beispielsweise wurde von Keller, Glauser, Ebert und Brucker-Kley in einer Sekundarschule den Einsatz einer Lerneinheit getestet, welche den Schülern unter anderem die von Plastik verursachten Umweltprobleme erklärt hat (2018). Ebenfalls wurde in einer Master Thesis von Andreas Hebeisen ein Prototyp einer VR Lerneinheit für Sekundarschüler mit integrativer Förderung erstellt (Hebeisen, 2018). Der Prototyp beschäftigte sich hier mit den Lerninhalten «Sich Grössen vorstellen» und «Volumen vergleichen» (Hebeisen, 2018).

Auf internationaler Ebene wird VR bereits für Lerninhalte verwendet. In Grossbritannien spezialisiert sich beispielsweise «ClassVR» auf das Angebot von VR Equipment und Interface für Schulen («ClassVR Pioneer School Programme – ClassVR», o. J.). An der Stanford University wurde damit experimentiert, die Zerstörung des Ozeans mittels VR zu demonstrieren, um damit die Verbundenheit und Motivation beim Konsumenten zu erhöhen («Virtual reality could serve as powerful environmental education tool», 2018). Johanna Pirker hat mithilfe dem VR-Physiklabor «Maroon» eine Umgebung erschaffen, welches nach einer Testphase an möglichst vielen Schulen eingesetzt werden soll (Aichinger, 2018). Durch ein solches Physik oder Chemielabor liessen sich gemäss Pirker nicht nur gefährliche Experimente, von denen man im realen Leben als Lernender jeder Altersstufe absehen würde, durchführen (Aichinger, 2018). Sondern man könne diese auch beliebig oft wiederholen (Aichinger, 2018). Pirker sieht das Potenzial im Lernen in VR in der Immersion (Aichinger, 2018). VR bietet laut Pirker in Zeiten, in denen die Aufmerksamkeitsspanne immer kürzer wird und sich junge Menschen leichter ablenken lassen, eine «Chance auf Fokus» (Aichinger, 2018). Für das Physiklabor «Maroon» wurden zwei Szenarien entworfen (Pirker, o. J.). Einerseits ein raumfüllendes VR-Erlebnis für das HTC Vive («High-tier device»), welches die Lernenden vollständig in das Labor eintauchen lässt und Andererseits eine Implementierung des Labors für die Gear VR («Mid-tier device») oder Google Cardboard («Floor-tier device»)(Jerald, 2016, S. 21–22; Pirker, o. J.). Das zweite Szenario besitzt deshalb aufgrund der schwächer ausgeprägten Immersion ein geringeres Lernpotenzial, ist jedoch eine kostengünstige Alternative und ermöglicht beispielsweise einen Einsatz für die gesamte Regelklasse, da die meisten Lernenden bereits ein Smartphone besitzen (Pirker, o. J.).

## 4 Thematik des Lerninhalts

Um eine ideale Thematik des Lerninhalts zu finden, wurden mithilfe des Lehrplan 21 sechs mögliche Kompetenzbereiche ausgewählt und evaluiert.

### 4.1 Vorgehensweise

Für die Suche nach Lerninhalten wurde eine Vorgehensweise von sechs Schritten angewandt (Tabelle 1). Heilpädagogen haben geraten, sich an den Ausbildungsmöglichkeiten PrA nach INSOS und nach EBA-Berufen zu orientieren. Weitergehend sollen lebenspraktische Inhalte behandelt werden. Demnach ist zuerst zu überlegen, welche Themenbereiche den Schülern aktuell Mühe bereiten könnten. Gesucht ist ein Inhalt, welcher, eine längerfristige Relevanz besitzt, ob in der Schule oder im Berufsleben. Damit die Schüler etwas für das reale Leben lernen können, soll ein Bezug zur Praxis hergestellt werden. Die Konkretisierung der gesammelten Ideen erfolgt mithilfe des Lehrplan 21. Um die Tauglichkeit von VR in diesen Themenfeldern besser beurteilen zu können, werden mittels Brainstormings mögliche Ideen für passende VR Lerninhalte erörtert. Die gesammelten Ideen werden auf die zwei Eigenschaften «Praxisbezug» und «Virtual-Reality-Potenzial» von 1-5 bewertet<sup>1</sup>, um die spätere Evaluation zu erleichtern. Schlussendlich wird im Dialog mit Heilpädagogen der optimale Lerninhalt evaluiert.

1. Was bereitet den Schülern Mühe?
2. Wo besteht ein Praxisbezug?
3. Einbeziehen des Lehrplan 21
4. Brainstorming möglicher Einsätze von VR in dem Themenfeld
5. Bewertung auf Kriterien
6. Evaluation in Zusammenarbeit mit Heilpädagogen

Tabelle 1: Vorgehensweise für die Evaluation einer optimalen Thematik für den Lerninhalt

---

<sup>1</sup> 1 = ungeeignet, 2 = wenig geeignet, 3 = geeignet, 4 = gut geeignet, 5 = sehr gut geeignet

## 4.2 Mögliche Kompetenzbereiche

Bei der Vorbereitung für eine geeignete Thematik des Lerninhalts sind Ideen zu sechs verschiedenen Kompetenzbereichen entstanden, welche später in Zusammenarbeit mit Heilpädagogen evaluiert wurden. Die einzelnen Ideen sind jeweils an die Kompetenzbereiche und Lernkompetenzen des Lehrplan 21 gebunden. Um eine treffende Argumentation im Evaluationsprozess zu gewährleisten, wurden die Ideen jeweils nach den beiden Eigenschaften «Praxisbezug» und «Virtual-Reality-Potenzial» bewertet.

### 4.2.1 Energieumwandlungen analysieren und reflektieren

Eine der möglichen Thematiken für den Lerninhalt bildet der Kompetenzbereich «Energieumwandlungen analysieren und reflektieren» (Tabelle 2). Die Speicherung, die Bereitstellung und der Transport von Energie könnte den Lernenden gezeigt werden. Beispielsweise mithilfe des Systems eines Stausees könnte diese Lernkompetenz behandelt werden. Im Lehrplan 21 wäre es im Lehrmittel dem Kapitel «Energie und Leistung erfassen» zuzuordnen (Lehrmittelverlag Zürich, 2018). Hiermit handelt es sich um ein reales System, welches dem Lernenden gezeigt werden kann. Für die Zielgruppe der Lerneinheit ist es jedoch nicht unbedingt berufsvorbereitend. Das Potenzial für Virtual Reality im Gegensatz zum Frontalunterricht oder einem Lehrfilm ist ungeklärt. Sinnvolle Interaktionsmöglichkeiten ausserhalb des Einsatzes von Gamification sind schwierig zu finden.

<b>Idee: Beispiel Stausee - Speicherung von Energie</b>		
<b>Fach</b>	Physik	
<b>Kompetenzbereich</b>	Energieumwandlungen analysieren und reflektieren	
<b>Lernkompetenz</b>	Herausforderungen zu Speicherung, Bereitstellung und Transport von Energie beschreiben und reflektieren	
<b>Kapitel (Lehrmittel)</b>	Energie und Leistung erfassen	
	<b>Beschreibung</b>	<b>Bewertung</b>
<b>Praxisbezug</b>	Ein Beispiel eines realen Systems kann gezeigt werden.	3/5
<b>Virtual-Reality-Potenzial</b>	Der Vorteil von immersiver VR gegenüber von Film/Frontalunterricht ist ungeklärt.	2/5
<b>Zusätzliche Bemerkung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sinnvolle Interaktionen ausserhalb von Gamification sind eventuell schwierig zu finden.</li> <li>Das Lehrmittel Natech 7-9 ist noch nicht erschienen, das heisst der Tatsächliche Inhalt des Kapitels ist unzugänglich</li> </ul>	

Tabelle 2: Thematik «Energieumwandlungen analysieren und reflektieren»

#### 4.2.2 Körperfunktionen verstehen

In der Biologie bietet der Kompetenzbereich «Körperfunktionen verstehen» die Möglichkeit, dem Schüler ein biologisches System zu zeigen (Tabelle 3). Verschiedenste Bereiche des menschlichen Körpers ermöglichen einen modularen Aufbau für eine Lerneinheit. Im Lehrmittel wäre es gemäss Lehrplan 21 den Kapiteln «Den Körper analysieren» und «Funktionen des menschlichen Körpers analysieren» zuzuordnen (Lehrmittelverlag Zürich, 2018). Die biologischen Kenntnisse sind für das Zielpublikum zwar nicht unbedingt berufsvorbereitend, jedoch existiert ein Bezug zum eigenen Körper und deshalb eine Relevanz für alles Schülerinnen und Schüler. Der Einsatz von VR ermöglicht es dem Lernenden in kleinste Organismen eintauchen zu können. Sinnvolle Interaktionsmöglichkeiten ausserhalb von Gamification sind jedoch schwierig zu finden. Ob der Einsatz von VR einen Vorteil gegenüber dem Frontalunterricht oder Lehrfilmen bietet ist ungeklärt.

<b>Idee: Erforschung des Körpers in diversen Bereichen</b>		
<b>Fach</b>	Biologie	
<b>Kompetenzbereich</b>	Körperfunktionen verstehen	
<b>Lernkompetenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspekte der Anatomie und Physiologie des Körpers erklären</li> <li>• Stoffwechselvorgänge analysieren und Verantwortung für den eigenen Körper übernehmen</li> <li>• Massnahmen gegen häufige Erkrankungen beurteilen</li> <li>• Etc.</li> </ul>	
<b>Kapitel (Lehrmittel)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• «Den Körper analysieren»</li> <li>• «Funktionen des menschlichen Körpers analysieren»</li> </ul>	
	<b>Beschreibung</b>	<b>Bewertung</b>
<b>Praxisbezug</b>	Ein Beispiel eines realen Systems kann gezeigt werden.	3/5
<b>Virtual-Reality-Potenzial</b>	Der Vorteil von immersiver VR gegenüber von Film/Frontalunterricht ist ungeklärt.	4/5
<b>Zusätzliche Bemerkung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Möglicherweise aufwändige Umsetzung des Konzepts</li> <li>• Modularität (Potenzial für unterschiedliche Bereiche)</li> <li>• Das Lehrmittel Natech 7-9 ist noch nicht erschienen, das heisst der Tatsächliche Inhalt des Kapitels ist unzugänglich</li> </ul>	

Tabelle 3: Thematik «Körperfunktionen verstehen»

#### 4.2.3 Mechanische elektrische Phänomene untersuchen

Auf Basis des Kompetenzbereichs «Mechanische und elektrische Phänomene untersuchen» entstand die Idee, mithilfe von Hebelgesetzen und schiefen Ebenen, den Lernenden

einen hohen Praxisbezug zu bieten (Tabelle 4). Im Lehrplan 21 wird dies in der Lernkompetenz «Bewegungen und Wirkungen von Kräften analysieren» und im Lehrmittel für Naturwissenschaften mit dem Kapitel «Kräfte, Arbeit und Leistung erforschen» behandelt (Lehrmittelverlag Zürich, 2018). Die Lernkompetenz besitzt in Bezug auf die Relevanz bei handwerklichen Berufsbildern einen grossen Praxisbezug für die Lernenden. Der Mehrwert durch den Einsatz von VR ist ungeklärt, da die Dreidimensionalität für die Lernkompetenz keine Relevanz besitzt. Die Konkurrenz von bereits existierenden E-Learnings wird aus diesem Grund als hoch eingestuft. Ein modularer Aufbau der Lerneinheit wäre möglich, um verschiedene Aufgaben anzubieten und allenfalls noch andere Physik Kompetenzen zu behandeln. Sinnvolle Interaktionen sind umsetzbar, um den Lernenden in Bezug auf die von Höntzsch erwähnten «drei I» ein besseres VR Lernerlebnis zu bieten (2013, S. 2).

<b>Idee: Unterschied Kraft, Arbeit, Leistung (Schiefe Ebene, Hebelgesetze, etc.)</b>		
<b>Fach</b>	Physik	
<b>Kompetenzbereich</b>	Mechanische und elektrische Phänomene untersuchen	
<b>Lernkompetenz</b>	Bewegungen und Wirkungen von Kräften analysieren	
<b>Kapitel (Lehrmittel)</b>	Kräfte, Arbeit und Leistung erforschen	
	<b>Beschreibung</b>	<b>Bewertung</b>
<b>Praxisbezug</b>	Vorbereitend für unter anderem die handwerklichen Berufsbilder	4/5
<b>Virtual-Reality-Potenzial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fraglich ob Dreidimensionalität einen Mehrwert erzielt</li> <li>• Interaktionen sind möglich</li> </ul>	2/5
<b>Zusätzliche Bemerkung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modularität möglich.</li> <li>• E-Learning Konkurrenz hoch</li> <li>• Das Lehrmittel Natech 7-9 ist noch nicht erschienen, das heisst der Tatsächliche Inhalt des Kapitels ist unzugänglich</li> </ul>	

Tabelle 4: Thematik «Mechanische elektrische Phänomene untersuchen»

#### 4.2.4 Sinne und Signale erforschen

Der Kompetenzbereich «Sinne und Signale erforschen» im Schulfach Physik wurde als mögliche Thematik in Betracht gezogen (Tabelle 5). Gemäss Lehrplan 21 ist die Lernkompetenz «Optische Phänomene erkunden» an den Kompetenzbereich gebunden (Lehrmittelverlag Zürich, 2018). Optische Phänomene wie Spiegelungen oder das Verhalten von Lichtstrahlen liessen sich mit dem Einsatz von Virtual Reality umsetzen. Das für den



Lehrplan 21 vorgesehene Lehrmittel «Natech 7-9» ist jedoch zum Zeitpunkt der Erstellung des Konzepts noch nicht veröffentlicht (Erscheinungsdatum Mitte März 2019) (Lehrmittelverlag Zürich, o. J.). Da die Aufgaben des Normalunterrichts deshalb noch nicht verfügbar sind, ist die Konzipierung des Lerninhalts erschwert. Auch der Praxisbezug ist aufgrund des Unwissens der Aufgaben ungeklärt.

<b>Idee: Spiegelungen / Verhalten von Lichtstrahlen</b>		
<b>Fach</b>	Physik	
<b>Kompetenzbereich</b>	Sinne und Signale erforschen	
<b>Lernkompetenz</b>	Optische Phänomene untersuchen	
<b>Kapitel (Lehrmittel)</b>	Optische Phänomene erkunden	
	<b>Beschreibung</b>	<b>Bewertung</b>
<b>Praxisbezug</b>	Ein Beispiel eines realen Systems kann gezeigt werden.	Keine Angabe
<b>Virtual-Reality-Potenzial</b>	Der Vorteil von immersiver VR gegenüber von Film/Frontalunterricht ungeklärt.	4-5/5*
<b>Zusätzliche Bemerkung*</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Lehrmittel Natech 7-9 ist noch nicht erschienen, das heisst der tatsächliche Inhalt des Kapitels ist unzugänglich</li> <li>• Visuelle Effekte und Phänomene eignen sich für Virtual Reality</li> </ul>	

Tabelle 5: Thematik «Sinne und Signale erforschen»

#### 4.2.5 Zahl und Variable

Im Kompetenzbereich «Zahl und Variable» wurde in Bezug auf die Lernkompetenz «Terme vergleichen und umformen, Gleichungen lösen, Gesetze anwenden» nach Ideen gesucht, welche den Lernenden das Aufstellen von Gleichungen erleichtern soll (Tabelle 6) (Lehrmittelverlag Zürich, 2015). Diese Lernkompetenz gehört zu den Grundlagen für die spätere Algebra. Ziel war, mithilfe dieser Thematik die Kompetenzschere zwischen Lernenden mit besonderem Förderungsbedarf und dem Rest der Schulklasse zu mindern. Als Vorbereitung auf die EBA-Berufsausbildungen ist der Praxisbezug nicht immer gegeben. Beim Brainstorming von möglichen Umsetzungen des Kompetenzbereichs fehlte eine Idee, welche das Potenzial von VR voll ausschöpfen kann.

<b>Idee: Gleichungen</b>		
<b>Fach</b>	Mathematik	
<b>Kompetenzbereich</b>	Zahl und Variable	
<b>Lernkompetenz</b>	Terme vergleichen und umformen, Gleichungen lösen, Gesetze und Regeln anwenden (eher in Richtung «Bilden der Gleichung»)	
<b>Kapitel (Lehrmittel)</b>	Gleichungen	
	<b>Beschreibung</b>	<b>Bewertung</b>
<b>Praxisbezug</b>	Relevant falls Mathematik weiter ein Thema sein wird. Für manche Berufsbilder wohl irrelevant.	3/5
<b>Virtual-Reality-Potenzial</b>	Der Mehrwert von Virtual Reality in diesem Themenbereich ist für mich fraglich. Es fehlt eine zündende Idee.	1/5
<b>Zusätzliche Bemerkung</b>	Die Lernkompetenz der Gleichungen ist für die Schüler höchst relevant, da in der Algebra immer mehr darauf aufgebaut wird. Hier könnte die Kompetenzschere zwischen Lernenden, welche auf integrative Förderung angewiesen sind und dem Rest der Regelklasse, verringert werden.	

Tabelle 6: Thematik «Zahl und Variable»

#### 4.2.6 Form und Raum

Im Mathematik (Geometrie) Kompetenzbereich «Form und Raum» bieten sich diverse Lernkompetenzen und Kapitel für den Einsatz von VR an (Tabelle 7) (Lehrmittelverlag Zürich, 2015). Dadurch, dass die Lernkompetenzen in sämtlichen Kompetenzstufen der drei Sekundarstufen vorhanden sind, wird ein modularer Aufbau ermöglicht, welcher die Lernenden in jeder Stufe begleiten könnte. Haptische Modelle von geometrischen Körpern wie Würfeln oder Prismen werden im Lehrmittel bereits eingesetzt und helfen den Lernenden diese zu analysieren und verstehen. Der Einsatz von VR ermöglicht jedoch zusätzliche Interaktionen, wie beispielsweise das Zerlegen oder das Zeigen von Flächen innerhalb des Körpers. Auf Papier kann dies zwar illustriert werden, jedoch ist die tatsächliche dreidimensionale Ansicht nicht mehr gegeben. Aufgrund dessen wird das Virtual-Reality-Potenzial hier sehr hoch bewertet. Die Thematik fördert das räumliche Denken, welches in diversen Berufsbildern gefordert ist. Der Praxisbezug für die Lernenden ist aus diesem Grund ebenfalls gegeben.

<b>Idee: Form und Raum</b>		
<b>Fach</b>	Mathematik (Geometrie)	
<b>Kompetenzbereich</b>	Form und Raum	
<b>Lernkompetenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Figuren und Körper abbilden, zerlegen und zusammensetzen</li> <li>• Längen Flächen und Volumen bestimmen und berechnen</li> <li>• Geometrische Beziehungen, insbesondere zwischen Längen, Flächen und Volumen, erforschen, Vermutungen formulieren und Erkenntnisse austauschen</li> <li>• Etc.</li> </ul>	
<b>Kapitel (Lehrmittel)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrische Körper und ihre Netze</li> <li>• Körper und ihre Ansichten</li> <li>• Körper untersuchen und skizzieren</li> <li>• Volumen und Oberflächeninhalt</li> <li>• Etc.</li> </ul>	
	<b>Beschreibung</b>	<b>Bewertung</b>
<b>Praxisbezug</b>	Räumliches denken	4/5
<b>Virtual-Reality-Potenzial</b>	Auf Papier nicht optimal illustrierbar, da der Körper dreidimensional ist. Flächen im Körper hingen sind in der Realität nicht sichtbar → Das rechtwinklige Dreieck in einem Prisma (könnte in VR durch Transparenz der Form gezeigt werden)	5/5
<b>Zusätzliche Bemerkung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modularität (Potenzial für Erweiterungen)</li> <li>• Komplexität der Umsetzung hält sich in Grenzen</li> <li>• Voraussetzungen (Basics wie zB. Pythagoras sind repetierbar)</li> <li>• Sinnvolle Interaktionen sind möglich</li> <li>• In Lehrplan von Mathematik 1-3 vorhanden (in jeder Kompetenzstufe)</li> </ul>	

Tabelle 7: Thematik «Form und Raum»

### 4.3 Evaluation

Die vorbereiteten Thematiken wurden zusammen mit zwei Heilpädagoginnen evaluiert. Sämtliche Thematiken wurden in Bezug auf deren Praxisbezug und Virtual-Reality-Potenzial diskutiert. Ein möglicher modularer Aufbau der Lerneinheit wurde durch die Heilpädagoginnen gutgeheissen. Das hohe Virtual-Reality Potenzial der Thematiken «Körperfunktionen verstehen», «Sinne und Signale erforschen» und «Form und Raum» macht diese für die Umsetzung besonders attraktiv. Aufgrund der Tatsache, dass das für den Lehrplan 21 vorgesehene Lehrmittel für Naturwissenschaften «Natech 7-9» zum Zeitpunkt der Evaluation noch nicht veröffentlicht wurde (Erscheinungsdatum Mitte März 2019), erschwert sich die Konzipierung der Physik und Biologie Thematiken (Lehrmit-

telverlag Zürich, o. J.). Im Vergleich zwischen den Thematiken «Körperfunktionen verstehen» und «Form und Raum» wurde noch festgehalten, dass aufgrund der standardisierten geometrischen Körper, im Vergleich zur designaufwendigen Darstellung von biologischen Systemen, die Realisierung des Konzepts womöglich leichter fällt. Da die Realisierung des Konzepts jedoch kein Teil dieser Bachelor-Thesis ist, wurde dieser Punkt nur festgehalten und in der Evaluation nicht berücksichtigt. Resultierend aus den genannten Punkten, wurde die Thematik «Form und Raum» aus der Mathematik evaluiert.

## 5 Konzept

Die Konzipierung des Lerninhalts orientiert sich an den von Casey Fictum beschriebenen Schritten einer VR-User-Experience-Strategie (Tabelle 8) (Fictum, 2016, S. 17). Zuerst wird die Idee des VR Erlebnisses in Textform erläutert: Was soll damit bezweckt werden und wie wird dies erreicht (Fictum, 2016, S. 17)? Der Paragraph repräsentiert die Traumvorstellung, welche im Schaffungsprozess als Richtungsvorgabe dient (Fictum, 2016, S. 17). Im zweiten Schritt wird das Zielpublikum und deren Bedarf/Bedürfnis für das VR Erlebnis definiert (Fictum, 2016, S. 18). Die benötigte Hardware für VR unterscheidet sich sowohl in Preisklasse wie auch in den Funktionalitäten. Sie wird deshalb noch vor der Wahl des Interaktionsmodells oder der Erstellung von Storyboards festgelegt und hängt stark von dem Zielpublikum ab (Fictum, 2016, S. 20). Interaktionsmodelle beschreiben sowohl die Sicht wie auch die Bewegungsfreiheiten des Benutzers in dem VR Erlebnis (Fictum, 2016, S. 28). Bei der Erstellung der Storyboards wird der Ablauf und die Umgebung des VR Erlebnisses skizziert (Fictum, 2016, S. 30). Hierbei wird sich an der, im ersten Schritt erstellten, Traumvorstellung orientiert (Fictum, 2016, S. 30). Um das Erlebnis für den Benutzer zu verbessern, wird als nächster Schritt der Einsatz von Ton und Hinweisen definiert (Fictum, 2016, S. 34). Diese Hinweise und Toneffekte unterstützen den Anwender und stellen sicher, dass dem Handlungsstrang gefolgt wird (Fictum, 2016, S. 34).

Die zwei letzten Punkte «Develop Your Test Plan» und «Prototype & Adjust the Strategy» werden nicht bearbeitet, da die Realisierung und das prototypische Erproben der Lerneinheit nicht im Rahmen dieser Bachelor-Thesis stattfinden.

1. Write a Short Narrative
2. Form Persona & Motives
3. Research & Pick Your Tools
4. Choose an Interaction Model
5. Sketch & Storyboard
6. Apply Sound, Cues, Inputs & Add-Ons
7. Develop Your Test Plan
8. Prototype & Adjust the Strategy

Tabelle 8: The VR UX Strategy Outline (Fictum, 2016, S. 17)

## 5.1 Idee

Dadurch, dass sich Lernkompetenzen des Kompetenzbereichs «Form und Raum» in sämtlichen Kompetenzstufen der drei Sekundarstufen befinden, wird ein modular aufgebautes VR-Geometrie-Labor ermöglicht. Sofern dieses an den Lehrplan 21 gebunden ist, könnte es, je nach Ausbaustand des Labors, die Lernenden durch die gesamte Sekundarschule begleiten. Ziel der VR Geometrie Lerninhalte ist, den Lernenden mithilfe der Möglichkeiten von VR ein Erlebnis zu bieten, welches im Frontalunterricht oder auf Papier nicht zu erreichen ist.

Der Lernende startet in einem Raum, in dem er zwischen den verschiedenen Modulen wählen kann. Hat er sich für eines entschieden, ändert sich die Umgebung und passt sich dem jeweiligen Modul an. Die Module müssen für den Lernenden sowohl von der Grundtheorie wie auch von der VR Funktionalität verständlich sein. Aufgrund dessen startet jedes Modul mit einem kleinen visuellen Intro, um dem Lernenden eine Repetition der Grundkenntnisse für den darauffolgenden Lerninhalt zu liefern.

Trotz der Grundidee eines Geometrie Labors, welches die Lernenden durch die gesamte Sekundarschule begleiten könnte, werden in dieser Bachelor-Thesis lediglich vier Module, welche im Lehrplan 21 der ersten Sekundarstufe zuzuordnen sind, konzipiert:

- «Winkel erkennen: Dreieck im Würfel»
- «Geometrische Körper erkennen»
- «Volumenberechnung: Erkenne Grundfläche und Höhe»
- «Oberflächeninhalt: Veranschaulichung»

Sie sind in dem für den Lehrplan 21 vorgesehenen Mathematik Lehrmittel, an die Kapitel «9a – Körper untersuchen und skizzieren» und «9b – Volumen und Oberflächeninhalt» gebunden. Die Kapitel sind gemäss Lehrplan 21 für die Lernenden der erste Kontakt zu dreidimensionaler Geometrie in der Sekundarstufe (Lehrmittelverlag Zürich, 2015, S. 3). Dies muss jedoch nicht bedeuten, dass sie zu diesem Zeitpunkt die Module absolvieren müssen. Die Module «Volumenberechnung» und «Oberflächeninhalt» sind ebenfalls dem Kapitel «4b Volumen und Oberflächeninhalt beim geraden Prisma» in der zweiten Sekundarstufe zuzuordnen (F. Keller, Bollmann, Rohrbach, & Schelldorfer, 2016, S. 48). Der richtige Zeitpunkt für den Einsatz der Module muss, für jedes Kind mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen, von den jeweiligen betreuenden SHP entschieden werden.

Damit sichergestellt wird, dass die Kinder mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen bei jedem Modul Kenntnis über das jeweilige Grundwissen besitzen, wird die Theorie mit einem visuellen Intro erklärt. Dieses muss nicht das Potential von VR ausschöpfen, sondern sorgt dafür, dass die Theorie für das jeweilige Modul geklärt ist.

### 5.1.1 Winkel erkennen: Dreieck im Würfel

Die Winkel von geometrischen Körpern können in einer dreidimensionalen Ansicht, wie in Abbildung 4 dargestellt, von ihrer wahren Grösse abweichen (F. Keller, Bollmann, Rohrbach, & Schelldorfer, 2012a, S. 108). Im Lehrmittel «Mathematik 1» werden unter dem Kapitel «9a – Körper untersuchen und skizzieren» rechtwinklige und gleichseitige Dreiecke innerhalb eines Würfels gesucht (F. Keller, Bollmann, Rohrbach, & Schelldorfer, 2012b, S. 88). Gemäss Lehrmittel werden diese Dreiecke mithilfe einer Schnur in einem Würfelgitter gespannt (F. Keller et al., 2012b, S. 88).

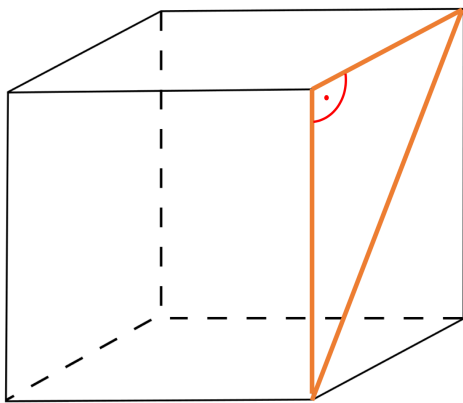


Abbildung 4: Beispiel eines rechten Winkels mit verfälschter Ansicht

Gebunden an diese Aufgabe, werden dem Lernenden im VR Modul Dreiecke innerhalb eines Würfels gezeigt. Der Lernende soll die Dreiecke identifizieren können, welche einen rechten Winkel besitzen. Um einen angenehmen Einstieg für den Benutzer zu gewährleisten, wird jedoch zuerst die Theorie betreffend Winkel in Dreiecken mithilfe eines visuellen Intros repetiert. Wichtig ist hier die Kenntnis von rechten Winkeln und allenfalls der Winkelsumme innerhalb jeden Dreiecks.

### **5.1.2 Geometrische Körper erkennen**

Kompliziertere Körper können berechnet werden, indem sie in einfache geometrische Körper unterteilt werden. Im Lehrmittel wird dies im Kapitel «9b – Volumen und Oberflächeninhalt» behandelt (F. Keller et al., 2012b, S. 91). Körper werden in Teilquader zerlegt und anschliessend berechnet (F. Keller et al., 2012b, S. 91). Geometrische Körper finden sich auch in Alltagsgegenständen. Ziel dieses VR Moduls ist es, Objekte aus dem Alltag in geometrische Körper zu zerlegen, um diese Kompetenz zu stärken. Als Grundtheorie wird im visuellen Intro eine zweidimensionale Demo gezeigt, denn auch da können kompliziertere Flächen in beispielsweise Kreise und Rechtecke getrennt werden. Anschliessend wird dieses Vorgehen auch noch an einem dreidimensionalen Körper gezeigt.

Während dem Modul ist für den Benutzer ein alltagsübliches Objekt detailliert zu sehen. Es existiert eine Arbeitsfläche, auf welcher mit demselben Objekt, in einer minimalistisch dargestellten Form, interagiert werden kann. Auf der Arbeitsfläche kann das Objekt, bewegt, gedreht und schlussendlich in geometrische Körper geschnitten werden. Dem Benutzer werden während dem Modul mehrere Objekte zum Bearbeiten vorgelegt. Obwohl geometrische Körper wie Prismen, Zylinder, Kegel und Kugeln erst in der zweiten und dritten Sekundarstufe behandelt werden, erhält der Benutzer hier schon einen ersten Kontakt mit diesen Körpern. Das schlussendliche Berechnen der geometrischen Körper ist kein Teil dieses Moduls. Lediglich die Kompetenz, diese zu erkennen, wird erarbeitet.

### **5.1.3 Volumenberechnung: Erkenne Grundfläche und Höhe**

Um ein Volumen in einem geraden Prisma zu berechnen, wird die Grundfläche mit der dazugehörigen Höhe multipliziert. Ziel dieses Moduls ist es, eine Grundfläche und die dazugehörige Höhe zu erkennen, Berechnungen finden keine statt. Das Modul ist im Lehrmittel sowohl dem Kapitel «9b – Volumen und Oberflächeninhalt» in der ersten Sekundarschule, wie auch dem Kapitel «4b Volumen und Oberflächeninhalt beim geraden Prisma» zuzuordnen. Obwohl Zylinder in der zweiten Sekundarstufe erst nach den anderen geraden Prismen behandelt werden, gerät der Benutzer in diesem Modul damit in Kontakt (Lehrmittelverlag Zürich, 2015, S. 6).

Als Grundtheorie wird dem Benutzer im visuellen Intro die Volumen Formel nahegelegt und die verschiedenen geometrischen Körper gezeigt. Anschliessend erhält der Benutzer den Anblick auf einen gross dargestellten Körper, welchen er mit Reglern drehen kann.



Der Benutzer färbt zuerst die Grundfläche ein und zieht im Anschluss die dazugehörige Höhe. Der Benutzer erhält ein sofortiges Feedback über die Richtigkeit seiner Interaktionen. Im Anschluss wird, bei einer korrekten Ausführung, ein neuer Körper geladen.

#### **5.1.4 Oberflächeninhalt: Veranschaulichung**

Oberflächeninhalte und Netze von Körpern können Lernenden mithilfe von vorbereiteten Würfelnetzen aus Papier gezeigt werden. Ziel dieses Moduls ist es, dies in der Richtung von Körper bis hin zum Netz zu veranschaulichen und nicht wie auf Papier vom Netz zum Körper zu arbeiten. Der Körper öffnet und schliesst sich mithilfe des Reglers. Auf einer Arbeitsfläche steht derselbe Körper noch «zum Anfassen» zur Verfügung, damit der Anwender sich diesen besser vorstellen kann. Die Ansicht, auf den sich öffnenden Körper, kann per Schalter verändert werden. Dies ermöglicht dem Benutzer sowohl die seitliche, räumliche Ansicht, wie auch die Ansicht auf den Körper, aus der Vogelperspektive, um das Netz unverfälscht betrachten zu können. Im Lehrmittel werden im Kapitel «9b – Volumen und Oberflächeninhalt» zum ersten Mal Quader in ihrem Netz dargestellt, um den Oberflächeninhalt zu berechnen (F. Keller et al., 2012b, S. 92). Im visuellen Intro zu diesem Modul soll dem Benutzer gezeigt werden, was der Oberflächeninhalt eines Körpers ist. Es könnte beispielsweise ein Körper in Wasser getaucht werden, denn im Lehrmittel wird damit argumentiert, dass der Oberflächeninhalt eines Körpers dem entspricht, was bei dem Eintauchen in Wasser nass wird (F. Keller et al., 2012a, S. 110). Es empfiehlt sich, nach dem absolvieren dieses Moduls, denselben Körper mithilfe eines ausgedruckten Netzes in der Realität nachzubauen.

### **5.2 Personen und Motive**

Für die konzipierten VR Lerneinheiten wurden nach Casey Fictum, die Personen und Motive geformt (Abbildung 5) (2016, S. 19). Die Zielgruppe dieser konzipierten VR Lerneinheiten sind Sekundarschüler mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen. Die SHP, mit welchen die Lerneinheiten evaluiert wurden, betreuen sowohl Kinder welche auf IF, ISR oder ISS angewiesen sind. Aufgrund der Tatsache, dass sich die einzelnen Schüler in ihren Kompetenzen und Defiziten stark unterscheiden können, wird die Zielgruppe nicht auf IF, ISR oder ISS spezifisch definiert. Es muss von den jeweiligen SHP, welche die Kinder mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen betreuen, abgeschätzt werden, für welche Kinder sich der Lerninhalt zu welchem Zeitpunkt eignet. Mit den

konzipierten Lerneinheiten ergibt sich für Kinder mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen die Möglichkeit, mathematische Lernkompetenzen auf eine andere Art zu erlernen. Ziel ist es, die Kompetenzschere zwischen den Kindern mit pädagogischen Bedürfnissen und dem Rest der Regelklasse zu verringern. Die VR Lerneinheiten werden von den Kindern in Betreuung einer SHP durchgeführt. Dies geschieht ausserhalb des Unterrichts in einer Regelklasse.



Abbildung 5: Formung der Personen und Motive

### 5.3 Technologie

Im Bereich der VR unterscheidet sich die Hardware in der Preisklasse und Funktionalitäten. Die Wahl der schlussendlichen Hardware ist notwendig, um Inhalte zu konzipieren. Dies steht auch in Verbindung mit dem Zielpublikum. Fragen wie die Verbreitung der jeweiligen Hardware bei dem Zielpublikum oder welche Art der Interaktionen stattfindet, ist zu klären. Im Fall dieser Bachelor-Thesis fällt die Wahl auf ein High-Tier-Device wie die HTC Vive oder Oculus Rift. Grund dafür sind die Interaktionsmöglichkeiten mit den jeweiligen Tracked-Hand-Held-Controllern und die stärkst mögliche Immersion, um das Benutzererlebnis zu stärken. Für Interaktionen in einer VR-Umgebung, sind Tracked-Hand-Held-Controller zur Zeit die beste Option (Jerald, 2016, S. 314). Sie sind für 3D Aufgaben einfach zu benutzen, da sie direkt durch die Handbewegungen gesteuert werden können (Jerald, 2016, S. 314). Aufgrund der Messung dieser Controller, können sie direkt visuell den Händen zugeordnet werden (Jerald, 2016, S. 315). Beim Blick auf die eigenen

Hände sind somit die Controller zu erkennen. Dies ermöglicht beispielsweise einen Informationsfluss über die Funktionen der Controller, denn die jeweiligen Informationen könnten beim Betrachten neben den Knöpfen eingeblendet werden (Jerald, 2016, S. 315).

Da die Realisierung dieses Konzepts kein Teil dieser Bachelor-Thesis ist, wird sich zwar auf die Art der Hardware, jedoch nicht auf einen spezifischen Hersteller fixiert.

## **5.4 Interaktionsmodell**

Das Interaktionsmodell beschreibt die Sicht und die Bewegungsmöglichkeiten des Anwenders einer Applikation (Fictum, 2016, S. 28). Bei der Sichtweise des Anwenders, wurde sich für die Ego-Perspektive (first-person view) entschieden. Dies bedeutet, dass der Anwender in der Applikation eine Ansicht erhält als ob er sich in der Virtuellen Realität befindet. Dies ist für die Interaktionen der konzipierten Inhalte sinnvoll und unterstützt die Immersion. Die Lerneinheiten sind alle mit dem Interaktionsmodell «grounded» konzipiert. Dies bedeutet, dass der Anwender sich in der Applikation nicht frei bewegen kann (Fictum, 2016). Die Lerneinheit wird stillstehend oder auf einem Stuhl sitzend absolviert. Dieses Interaktionsmodell ist verbreitet, da es am wenigsten Übelkeit verursacht und eine einfachere technische Umsetzung ermöglicht (Fictum, 2016, S. 28). Die Lerneinheiten können somit beispielsweise in einem kleineren Raum auf einem drehbaren Stuhl durchgeführt werden.

## **5.5 Storyboard**

Aufgrund der Modularität des Lerninhaltes, beginnt der Anwender in einer Umgebung (Abbildung 6), in welcher er die verschiedenen Module nebeneinander als Porträts sieht. Die jeweiligen Module lassen sich durch eine Interaktion mit dem jeweiligen Porträt auswählen und starten.

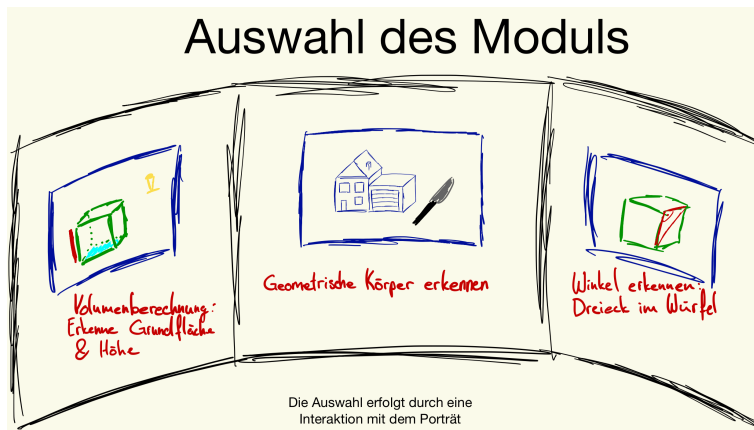


Abbildung 6: Auswahl des Moduls

Aufgrund des gewählten Interaktionsmodells (grounded) ist das Blockdiagramm für alle konzipierten Module dasselbe (Abbildung 7). Es existiert eine Arbeitsfläche in unmittelbarer Nähe, auf welcher Interaktionen getätigt werden können (ausgenommen im Modul «Volumenberechnung: Erkenne Grundfläche und Höhe»). Vor dieser Arbeitsfläche befindet sich jeweils ein grösseres Objekt. Dies erscheint für den Anwender weiter entfernt, ist jedoch durch die Grösse gut analysierbar.

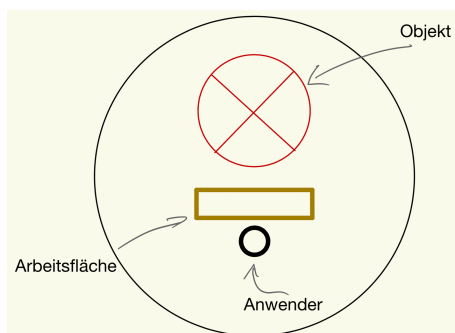


Abbildung 7: Blockdiagramm - Aufbau der jeweiligen Module

### 5.5.1 Winkel erkennen: Dreieck im Würfel

Das Modul «Winkel erkennen: Dreieck im Würfel» zeigt dem Anwender einen Würfel, in welchem ein Dreieck eingezeichnet ist (Abbildung 8). Gefragt ist immer die Grösse eines markierten Winkels im eingezeichneten Dreieck. Auf der Arbeitsfläche befindet sich eine Auswahl von Schaltern, mit welchen die Frage beantwortet werden kann. Antwortmöglichkeiten sind «kleiner als  $90^\circ$ », « $90^\circ$  (rechter Winkel)» und «grösser als  $90^\circ$ ». Der gesuchte Winkel ist farblich gekennzeichnet.

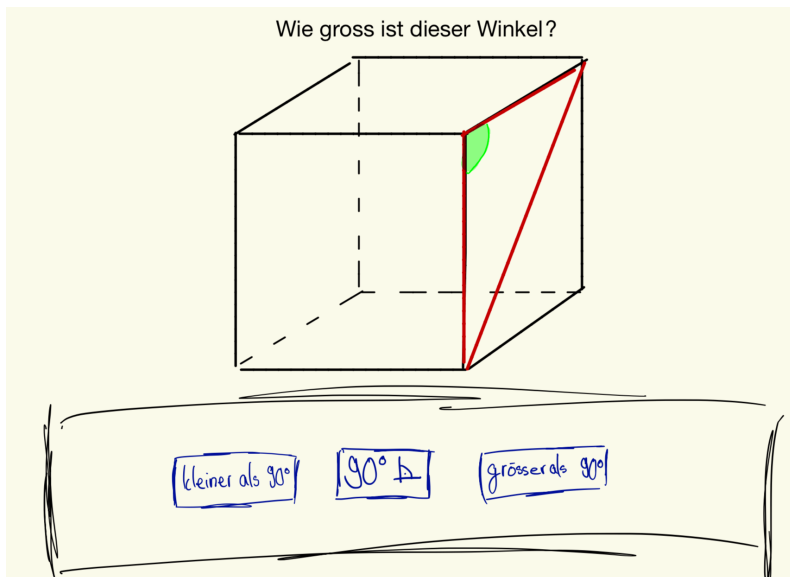


Abbildung 8 Winkel erkennen - Ausgangslage

Nachdem eine Antwortmöglichkeit ausgewählt wurde, dreht sich der ganze Würfel mit dem Dreieck zum Anwender (Abbildung 9). Somit sind das Dreieck und der gesuchte Winkel unverfälscht zu betrachten. Danach wird der jeweilige Winkel richtig beschriftet und die richtige Antwort auf der Arbeitsfläche farblich grün gekennzeichnet. Sofern eine nicht korrekte Antwort ausgewählt wurde, wird der ausgewählte Schalter farblich rot gefärbt. Dies ermöglicht unmittelbares Feedback für den Anwender. Das in Abbildung 8 und Abbildung 9 gezeigte Dreieck besitzt die niedrigste Schwierigkeitsstufe und ermöglicht einen angenehmen Einstieg in die Lerneinheit. Im Anhang befinden sich noch mehr mögliche Dreiecke, welche sich für das Modul besonders eignen. Bevor das Modul wie beschrieben startet, soll in einem visuellen Intro kurz die Theorie zu Winkeln in Dreiecken gezeigt werden. Mit einer kurzen Repetition zu  $90^\circ$  Winkeln und der Winkelsumme in Dreiecken wird die Durchführung des Moduls für die Kinder mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen erleichtert. Dieses visuelle Intro dient lediglich zur Repetition der notwendigen Theorie und muss nicht zwingend das Potential von VR ausschöpfen.

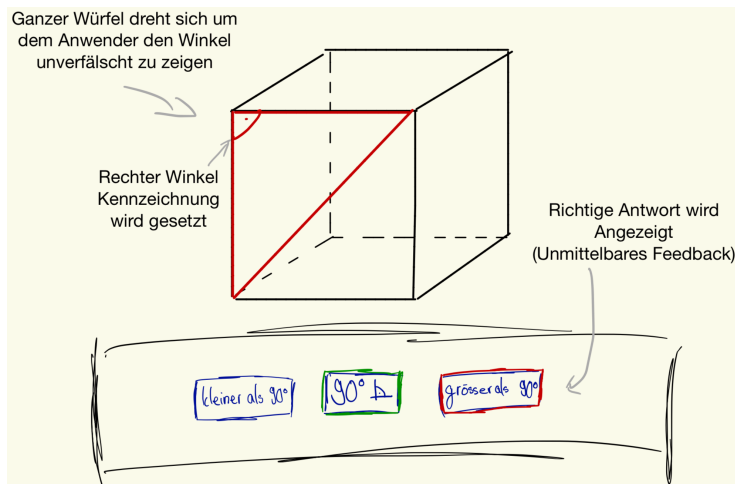


Abbildung 9: Winkel erkennen - Auflösung

### 5.5.2 Geometrische Körper erkennen

Im visuellen Intro für das Modul «Geometrische Körper erkennen» wird gezeigt, wie eine kompliziertere Fläche in einzelne geometrische Flächen unterteilt werden kann (Abbildung 10). Die unterteilten geometrischen Flächen werden eingezeichnet und beschriftet.

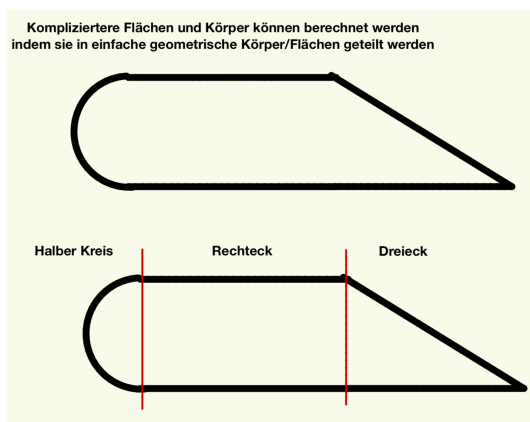


Abbildung 10: Geometrische Körper erkennen - Visuelles Intro a

Nach der zweidimensionalen Ansicht wird dasselbe auch noch bei einem dreidimensionalen Körper gezeigt. Als Beispiel wurde hier ein Podest, welches in zwei Quader geteilt wird, verwendet (Abbildung 11).

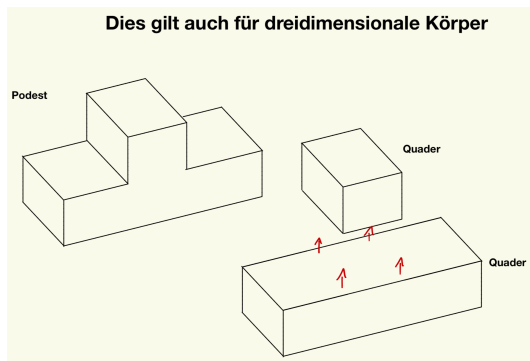


Abbildung 11: Geometrische Körper erkennen - Visuelles Intro b

Sobald das visuelle Intro abgeschlossen ist, beginnt das Modul «Geometrische Körper erkennen». Wie in Abbildung 12 zu sehen, wird ein alltagsübliches Objekt detailliert gezeigt. Mit diesem kann weder interagiert noch die Ansicht gewechselt werden. Auf der Arbeitsfläche besitzt der Anwender verschiedene Funktionen, welche Schritt für Schritt zur Verfügung stehen. Zuerst liegt derselbe Körper in einer minimalistischen Form auf der Arbeitsfläche. Zunächst kann dieser nur mithilfe der VR Controller (Beispielsweise HTC Vive oder Oculus) beliebig bewegt werden. Wurde mit dem Körper erfolgreich interagiert, erscheint ein Regler, um den minimalistischen Körper auf der Arbeitsfläche in seiner Grösse zu verändern. Schlussendlich erscheint die Möglichkeit, via Schalter auf der Arbeitsfläche, die Art der Interaktion zu verändern. Es wird sich zwischen «Bewegen» und «Schneiden» entschieden. Ziel ist es jetzt den minimalistischen Körper in geometrische Körper zu schneiden. Oberhalb des Reglers für die Grösse des Körpers soll der Anwender eine Information erhalten, wie viele Schnitte noch notwendig sind, um den Körper in die sinnvollen geometrischen Körper zu teilen. Dem Anwender wird sowohl bei korrekten als auch bei falschen Schnitten, sofortiges Feedback gegeben. In der Abbildung 12 ist das Modul mit einem Haus und Garage skizziert. In einer ersten Version war als Objekt eine Kirche vorgesehen, auf welche aufgrund von Religionsneutralität abgesehen wurde. Im Anhang befinden sich weitere Objekte, welche sich für dieses Modul eignen.

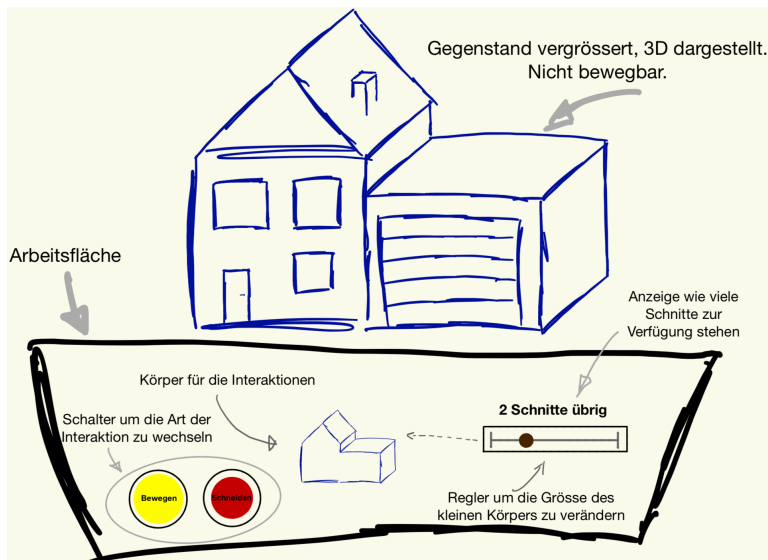


Abbildung 12: Geometrische Körper erkennen – Szenerie

### 5.5.3 Volumenberechnung: Erkenne Grundfläche und Höhe

Für die Durchführung des Moduls «Volumenberechnung: Erkenne Grundfläche und Höhe» werden im visuellen Intro die verschiedenen, im Modul verwendeten, geometrischen Körper repetiert (Abbildung 13). Die vereinfachte Volumenformel dieser Körper (Grundfläche\*Höhe) wird ebenfalls erwähnt. Körper wie Prismen oder Zylinder sind in der Sekundarschule erst für die zweite Stufe angesetzt (Lehrmittelverlag Zürich, 2015, S. 6). Der genaue Zeitpunkt für den Einsatz dieses Moduls ist jedoch nicht definiert. Die SHP welche das Kind mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen betreut, kann selber entscheiden, wann das Modul durchgeführt werden soll. Zusätzlich wird ausserhalb der vereinfachten Flächenformel nicht weiter auf die Theorie dieser Körper eingegangen.

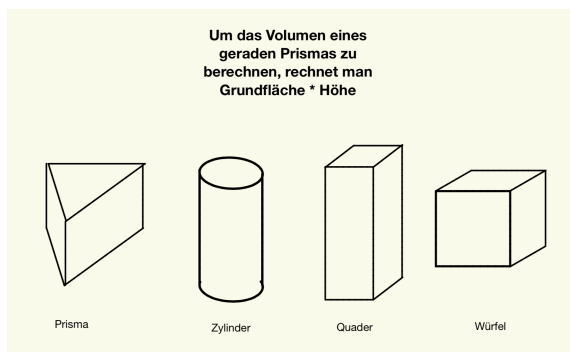


Abbildung 13: Volumenberechnung - Visuelles Intro



Anschliessend startet der Lerninhalt mit einem gross dargestellten geometrischen Körper (In Abbildung 14 ein Quader), welcher sich über Regler drehen lässt. Diese erleichtern die späteren Interaktionen mit dem Objekt. Das Modul besitzt keine Arbeitsfläche, da die Interaktionen direkt mit dem Objekt, welches sich in mittlerer Distanz befindet, stattfinden. In einem ersten Schritt wird eine Grundfläche definiert. Dies geschieht durch eine Einfärbung mit dem Controller, welcher in dem Erlebnis wie eine Spraydose funktioniert. Durch eine leichte Einfärbung wird die ganze Fläche vervollständigt markiert.

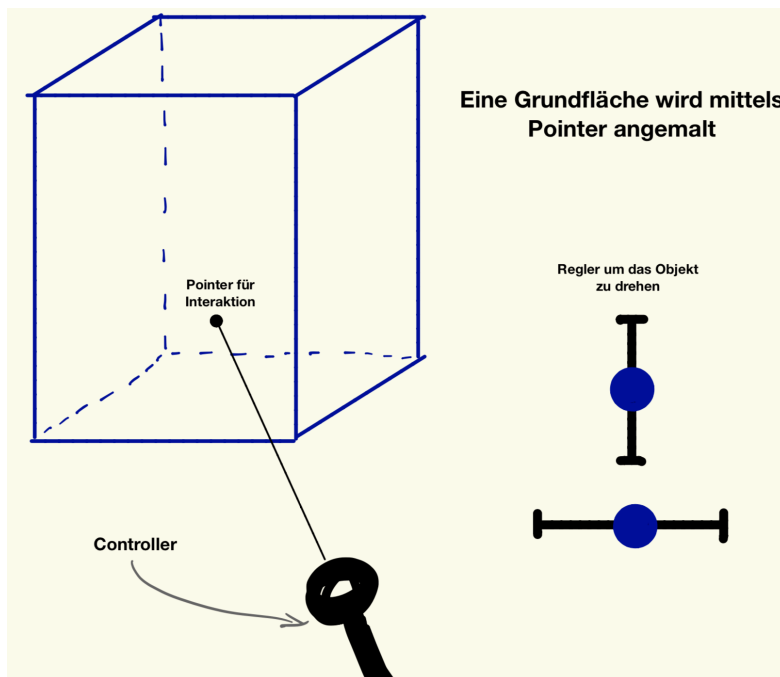


Abbildung 14: Volumenberechnung – Grundfläche einzeichnen

Sobald die Fläche markiert wurde, muss die dazugehörige Höhe, wie in Abbildung 15 skizziert, eingezeichnet werden. Sofern eine falsche Fläche (Beispielsweise der Mantel in einem Zylinder) eingezeichnet oder eine falsche Linie als dazugehörige Höhe markiert wurde, erhält der Anwender unmittelbares Feedback mit einer jeweiligen Erklärung. Im Anhang befindet sich skizzierte Körper, welche sich für dieses Modul eignen.

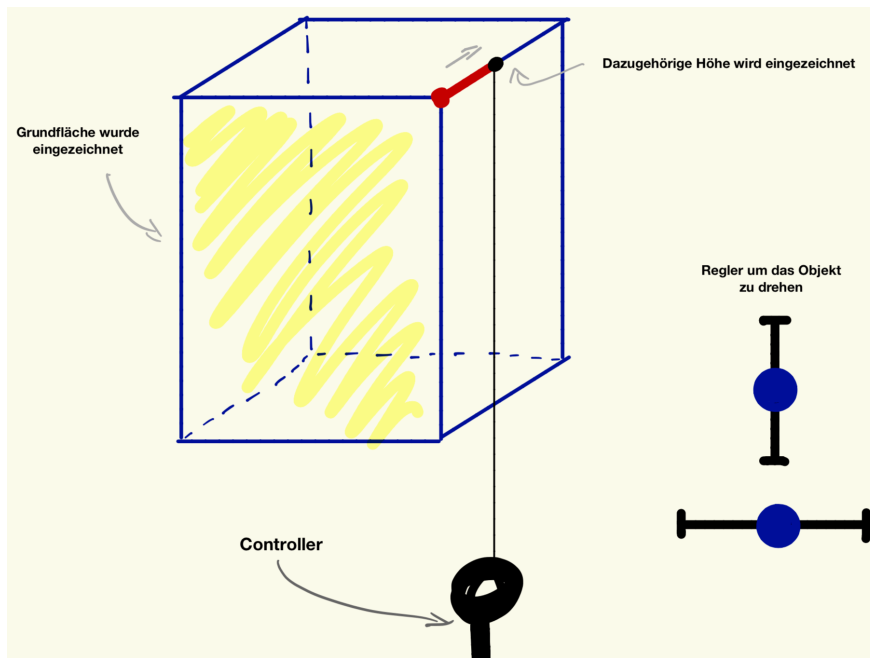


Abbildung 15: Volumenberechnung - Höhe einzeichnen

#### 5.5.4 Oberflächeninhalt: Veranschaulichung

Das Modul «Oberflächeninhalt: Veranschaulichung» ist lediglich eine Veranschaulichung. Es kann dementsprechend hier keine Aufgabe falsch gelöst werden. Ein Objekt (in Abbildung 16 ein Podest) befindet sich sowohl auf der Arbeitsfläche als auch vergrößert in mittlerer Distanz. Die verschiedenen Funktionen auf der Arbeitsfläche werden für den Anwender Schritt für Schritt verfügbar, um eine sinnvolle Durchführung des Moduls zu ermöglichen. Anfangs liegt auf der Arbeitsfläche nur der Körper, welcher bewegt werden kann. Dies soll den Anwender mit dem Körper vertraut machen, da er in der vergrößerten Ansicht nicht gedreht werden kann. Anschliessend erscheint auf der Arbeitsfläche ein Regler, mit welchem der Körper bis hin zu seinem Netz «geöffnet» und «geschlossen» werden kann. Der Regler soll senkrecht zur Arbeitsfläche stehen, um eine Interaktion während der Sicht auf den vergrößerten Körper, zu ermöglichen. Zuletzt wird die Möglichkeit geboten, mittels Schalter die Ansicht auf den Körper zu wechseln. Es kann zwischen einer dreidimensionalen seitlichen Ansicht und einer Vogelperspektive gewechselt werden. Dies ist notwendig, da die Flächen und Winkel in der seitlichen Ansicht von ihrer wahren Grösse abweichend dargestellt werden. Für das Modul empfiehlt es sich, das Netz desselben Körpers zusätzlich in einer ausgedruckten Variante, ausserhalb der virtuellen

Realität, mit den Kindern zu behandeln. Der Lerninhalt setzt die Kenntnis über die Bedeutung von Oberflächeninhalten voraus. Im Lehrmittel wird dies mit den Worten «Die Oberfläche des Körpers ist das, was nass wird, wenn du den Körper eintauchst.» erklärt (F. Keller et al., 2012a, S. 110). In einem visuellen Intro könnte beispielsweise dieser Prozess veranschaulicht werden.

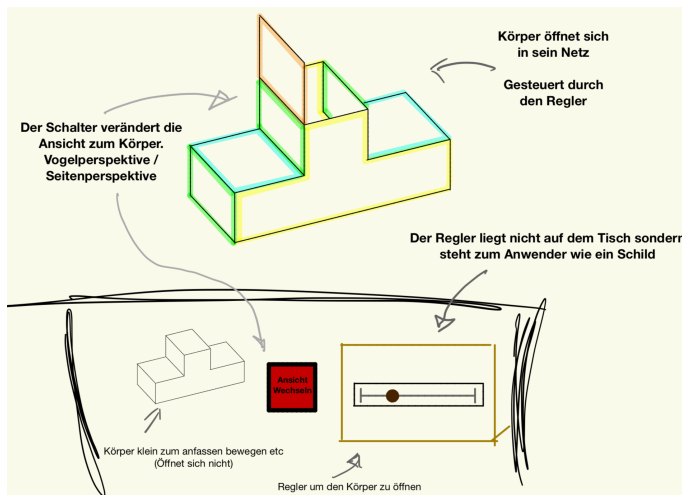


Abbildung 16: Oberflächeninhalt – Veranschaulichung

Im Anhang sind die jeweiligen Zustände des Podestes skizziert.

## 5.6 Ton, Hinweise und Inputs

Um die Kinder mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen durch die Module zu führen, wird von den SHP empfohlen, dass Anweisungen und Informationen über beide Sinneskanäle stattfinden und sowohl gelesen wie auch gehört werden können. Um die Kinder mit den verschiedenen Funktionen nicht zu überfordern, werden sie in den Modulen Schritt für Schritt zur Verfügung gestellt. Da sich in keinem Modul etwas hinter dem Anwender befindet, erhält dieser bei einer falschen Ausrichtung den Hinweis, sich umzudrehen (Abbildung 17). Interaktionen, sowie das unmittelbare Feedback, sollten mit passenden Soundeffekten versehen werden, um das gesamte Nutzererlebnis zu verbessern. Gemäss Casey Fictum entspricht der Einsatz von Ton 50% des Nutzererlebnis (Fictum, 2016, S. 34). Eine passende Geräuschkulisse wäre deshalb sinnvoll, um Stille zu vermeiden. Für die Pädagogik ist dies kein Widerspruch. Benedict Carey trifft aufgrund eines Experimentes von M. Smith über den Einsatz von Musik während dem Lernen die Schlussfolgerung, dass eine Lernumgebung durch Hintergrundmusik gestärkt wird (2014,

S. 51). Dabei ist die Musikrichtung nicht ausschlaggebend, im Experiment wurde sowohl der Einsatz von klassischer und von Jazz Musik getestet (Carey, 2014, S. 50). Vielmehr ausschlaggebend ist, dass eine Lernumgebung zusätzliche Eindrücke besitzt und von einer leeren und geräuschlosen Lernumgebung abgesehen wird (Carey, 2014, S. 51).

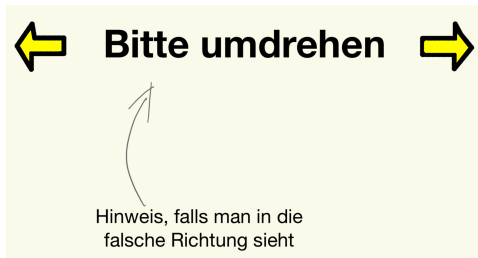


Abbildung 17: Hinweis - Falsche Ausrichtung

## 5.7 Messbarkeit der Module

Die Leistung der Kinder mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in den konzipierten Modulen, ist nur bedingt messbar. Die verstrichene Zeit und fehlerhaften Interaktionen können gemessen werden, jedoch sind diese nicht unbedingt ausschlaggebend für die Leistung der Kinder oder den Erfolg der Lerneinheiten. Zusätzlich existiert in dem Modul «Oberflächeninhalt: Veranschaulichung» keine Möglichkeit auf eine falsche Interaktion. Da die Module jedoch alle an bestehenden Thematiken im Lehrmittel des Lehrplan 21 gebunden sind, kann der Erfolg des Einsatzes der Lerneinheit, durch das anschließende Lösen von den jeweiligen Aufgaben im Lehrmittel gemessen werden. Die konzipierten Lerninhalte stehen in diesem Sinne nicht für sich selber, sondern unterstützen in der Erarbeitung der jeweiligen Lernkompetenzen. Sie ersetzen die bestehenden Aufgaben also nicht, sondern sollten ergänzend eingesetzt werden.

## 6 Schlussteil

Im Schlussteil dieser Bachelor-Thesis werden die konzipierten Lerninhalte und die Herangehensweise hinterfragt. Abschliessend wird eine Empfehlung für weiteres Handeln gegeben.

### 6.1 Konklusion

Die Mischung aus «Design Science Research» und «Human Centered Design» stellte sich als passende Herangehensweise heraus. Für die Evaluation der Thematik des Lerninhalts wurde ein Treffen mit den SHP vereinbart. Während der Konzipierung der jeweiligen Lerneinheiten wurden die Resultate in zwei Treffen mit den SHP evaluiert. Anpassungen konnten getroffen und von den SHP abgenommen werden. Das Miteinbeziehen der SHP stellte sich aufgrund ihrer Erfahrung mit Kindern mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen und ihrem pädagogischen Wissen als hilfreich heraus. Wertvolle Inputs, wie beispielsweise das Vermitteln von Informationen über beide Sinneskanäle (per Ton und Text), wurden von den SHP eingebracht. Weiter wurde im Modul «Geometrische Körper erkennen» aufgrund des Einwandes von Religionsneutralität auf den Einsatz einer Kirche verzichtet und mit einem Haus ersetzt. Es wurde zwar kontinuierlich auf die Bedürfnisse des Endbenutzers, in diesem Fall Kinder mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen, Wert gelegt, jedoch wäre die Durchführung von «Human Centered Design» womöglich stärker ausgeprägt, wenn ein Treffen mit ihnen stattgefunden hätte. Die Kompetenzen der Kinder einzuschätzen und das Niveau der Lerneinheiten darauf abzustimmen stellte sich als schwierig heraus und konnte nur mithilfe der Treffen mit den SHP abgeschätzt werden. Die SHP waren der Meinung, dass sich die Kompetenzen der jeweiligen Kinder mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen stark unterscheiden. Deshalb könne keine Aussage zu optimalen Schwierigkeitsgraden für die jeweiligen Lerneinheiten getroffen werden. Sie waren sich jedoch einig, dass die Lerneinheiten auf die Grundanforderungen des Lehrplan 21 abzielen- und allenfalls in Bezug auf den Schwierigkeitsgrad, erweiternde Aufgaben besitzen sollen. Ein modularer Aufbau eignet sich aufgrund der breiten Auswahl an umsetzbaren Lernkompetenzen sehr gut für das VR-Labor und wurde von den SHP speziell gutgeheissen. Diese Idee basiert auf dem VR-Physiklabor «Maroon» von Pirker, welches zur Zeit erst Elektromagnetische Experimente beinhaltet, jedoch beliebig erweitert werden könnte (Pirker, o. J.).

Ob die konzipierten Lerneinheiten wirklich zielführend sind, das Potenzial von VR ausschöpfen und dem Anwender ein angenehmes Nutzererlebnis bieten, kann zu diesem Zeitpunkt nicht gesagt werden. Hierfür müsste zuerst ein Prototyp realisiert und danach anhand des Zielpublikums getestet werden. Aufgrund der unterschiedlichen Ausprägungen der Interaktionen in den Modulen, wird das Potenzial von VR nicht immer gleichermaßen ausgeschöpft. Es wurde sich jedoch bei jeder Lernkompetenz überlegt, welchen Mehrwert eine VR-Lerneinheit bieten könnte.

Damit die Kinder mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen einen Einstieg in die Thematiken erhalten, wurde in Absprache mit den SHP, der Einsatz von visuellen Intros gewählt. Diese wurden in dieser Arbeit nicht ausführlich konzipiert, sondern lediglich die jeweiligen Inhalte geklärt. Sie müssen nicht zwingend das Potenzial von VR ausschöpfen, sondern sollen einen sanften Einstieg in die Lerneinheit ermöglichen. Grundlegende Theorien, welche die Kinder bei der Durchführung bereits beherrschen sollten, werden trotzdem repetiert (beispielsweise die Repetition von den jeweiligen Winkeln und Dreiecken im Modul «Winkel erkennen: Dreieck im Würfel»).

## **6.2 Erkenntnisse und Empfehlungen**

Die konzipierten Lerneinheiten sollen als Vorlage für eine Realisierung dienen. Der modulare Aufbau des VR-Geometrielabors erlaubt es allenfalls auch einzelne Module auszutauschen oder zu ergänzen. Das Einhalten von didaktischen Prinzipien, wie beispielsweise die Religionsneutralität der Inhalte, ist dabei essenziell. Eine Kirche eignet sich deshalb trotz dem Beinhalten vieler geometrischen Körper, nicht für das Modul «Geometrische Körper erkennen». Sofern für eine Realisierung weitere Module hinzugefügt, oder Module stark verändert werden sollten, würde sich dementsprechend eine erneute Evaluation mit SHP anbieten.

Um die Forschungsfrage bezüglich der Messbarkeit der Auswirkungen von dem Lernerlebnis auf die Motivation und den Lernerfolg, ausreichend zu beantworten, sind weitere Nachforschungen notwendig.

Der Einsatz von Hintergrundmusik während den Lernmodulen sollte trotz den Erkenntnissen von Benedict Carey minimalistisch gehalten werden. Die Geräuschkulisse soll eine ergänzende Wirkung erzielen und nicht in den Fokus geraten.

## Literatur- und Quellenverzeichnis

Aichinger, H. (2018, August 3). Lernen mit Virtual Reality - Forbes. Abgerufen 21. Mai 2019, von Forbes website: <https://www.forbes.at/artikel/lernen-mit-virtual-reality.html>

Bildungsdirektion Kanton Zürich. (2011). *Angebote für Schülerinnen und Schüler mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen: Integrative Förderung*. Abgerufen von [https://vsa.zh.ch/internet/bildungsdirektion/vsa/de/schulbetrieb\\_und\\_unterricht/sonderpaedagogisches0/publikationen.html](https://vsa.zh.ch/internet/bildungsdirektion/vsa/de/schulbetrieb_und_unterricht/sonderpaedagogisches0/publikationen.html)

Bildungsdirektion Kanton Zürich. (2012, Oktober). *Sonderschulung im Kanton Zürich*. Abgerufen von [https://vsa.zh.ch/internet/bildungsdirektion/vsa/de/schulbetrieb\\_und\\_unterricht/sonderpaedagogisches0/sonderschulung.html](https://vsa.zh.ch/internet/bildungsdirektion/vsa/de/schulbetrieb_und_unterricht/sonderpaedagogisches0/sonderschulung.html)

Bildungsdirektion Kanton Zürich. (2016, November). *Elterninformation Integrative Förderung (IF)*. Abgerufen von [https://vsa.zh.ch/internet/bildungsdirektion/vsa/de/schule\\_und\\_umfeld/eltern\\_und\\_schueler/uebersetzungen/Besondere\\_paedagogische\\_Beduerfnisse.html](https://vsa.zh.ch/internet/bildungsdirektion/vsa/de/schule_und_umfeld/eltern_und_schueler/uebersetzungen/Besondere_paedagogische_Beduerfnisse.html)

Bildungsdirektion Kanton Zürich. (2017, März 13). Lehrplan Volksschule Kanton Zürich. Abgerufen 11. Mai 2019, von Lehrplan Volksschule Kanton Zürich website: <https://zh.lehrplan.ch/index.php?code=e|101|1>

Bildungsdirektion Kanton Zürich. (2018). *Umsetzung des Zürcher Lehrplans 21 für Schülerinnen und Schüler mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen*. Bildungsdirektion Kanton Zürich Volksschulamt.

- BKZ. (2018, September 28). Lehrplan 21: Kanton Zürich. Abgerufen 11. Mai 2019, von Lehrplan 21 website: <https://www.lehrplan21.ch/kanton-z%C3%BCrich>
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology* (2. Aufl.). New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Calhoun Williams, K. (2018, Juli 17). *Hype Cycle for Education, 2018*. Abgerufen von <https://www.gartner.com/en/documents/3882872>
- Carey, B. (2014). *How we learn: the surprising truth about when, where, and why it happens*. New York: Random House.
- ClassVR Pioneer School Programme – ClassVR. (o. J.). Abgerufen 19. September 2018, von <http://www.classvr.com/virtual-reality-downloads/classvr-pioneer-school-program/>
- D-EDK. (2014, November). *Lehrplan 21: Rahmeninformationen*. Abgerufen von <https://www.lehrplan21.ch>
- Fictum, C. (2016). *VR UX: Learn VR UX, Storytelling & Design*. S.l.: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Fowler, C. (2015). Virtual reality and learning: Where is the pedagogy? *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 412–422. <https://doi.org/10.1111/bjet.12135>
- Gerny, D. (2014, Juli 3). *Integrative Schule braucht Geist – und Geld | NZZ*. Abgerufen von <https://www.nzz.ch/schweiz/integrative-schule-braucht-geist--und-geld-1.18335580>



- Hebeisen, A. (2018). *Master of Science in Wirtschaftsinformatik Andreas Hebeisen (BFH) Prof. Dr. Thomas Keller (ZHAW) Elke Brucker-Kley (ZHAW) ZHAW School of Management and Law, Institut für Wirtschaftsinformatik Trubschachen.* 204.
- Hevner, A., & Chatterjee, S. (2010). Design Science Research in Information Systems. In A. Hevner & S. Chatterjee (Hrsg.), *Design Research in Information Systems: Theory and Practice* (S. 9–22). [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5653-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5653-8_2)
- Höntzsch, S., Katzky, U., Bredl, K., Kappe, F., & Krause, D. (2013). *Simulationen und simulierte Welten. Lernen in immersiven Lernumgebungen.* 10.
- Jerald, J. (2016). *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality.* Association for Computing Machinery.
- Keller, F., Bollmann, B., Rohrbach, C., & Schelldorfer, R. (2012a). *Mathematik 1. Begeleitheft* (2. Auflage). Abgerufen von <https://www.exlibris.ch/de/buecher-buch/deutschsprachige-buecher/franz-keller/mathematik-1-arbeitsheft-1/id/9783037134993>
- Keller, F., Bollmann, B., Rohrbach, C., & Schelldorfer, R. (2012b). *Mathematik 1. Themenbuch* (3. Auflage). Abgerufen von <https://www.exlibris.ch/de/buecher-buch/deutschsprachige-buecher/franz-keller/mathematik-1-themenbuch/id/9783037134979>
- Keller, F., Bollmann, B., Rohrbach, C., & Schelldorfer, R. (2016). *Mathematik 2. Themenbuch* (2. Auflage). Abgerufen von <https://www.exlibris.ch/de/buecher-buch/deutschsprachige-buecher/franz-keller/mathematik-2-themenbuch/id/9783037135044>

- Keller, T., Glauser, P., & Brucker-Kley, N. E. and E. (2018). *Virtual Reality at secondary schools: first results*. 53–60. Abgerufen von <http://www.iadisportal.org/digital-library/virtual-reality-at-secondary-school-%C2%96-first-results>
- Kunz, Y. (2016). LUZERN: Dringend gesucht: Förderlehrer. Abgerufen 15. März 2019, von Luzerner Zeitung website: <https://www.luzernerzeitung.ch/zentral-schweiz/luzern/luzern-dringend-gesucht-foerderlehrer-ld.98958>
- Lehrmittelverlag Zürich. (2015, Juli). *Übersicht: Lehrplan 21 - Mathematik*. Abgerufen von <https://www.lmvz.ch/schule/mathematik-sekundarstufe-i/lehrplan-21-ubersichten-sek>
- Lehrmittelverlag Zürich. (2018, Dezember). *Übersicht: Lehrplan 21 - Naturwissenschaften*. Abgerufen von <https://www.lmvz.ch/wissen/lehrplan-21>
- Lehrmittelverlag Zürich. (o. J.). NaTech 7-9 | Lehrmittelverlag Zürich. Abgerufen 1. Mai 2019, von <https://www.lmvz.ch/schule/natech-7-9/veranstaltungen-zu-natech-7-9>
- Pirker, J. (o. J.). Maroon | johanna pirker. Abgerufen 21. Mai 2019, von Johanna Pirker website: <https://jpirker.com/maroon/>
- Stadt Zürich Schul- und Sportdepartement. (o. J.). Integrative Förderung - Stadt Zürich. Abgerufen 11. Mai 2019, von Stadt Zürich website: [https://www.stadt-zuerich.ch/ssd/de/index/volksschule/besondere\\_beduerfnisse/integrative\\_foerderung.html](https://www.stadt-zuerich.ch/ssd/de/index/volksschule/besondere_beduerfnisse/integrative_foerderung.html)
- Virtual reality could serve as powerful environmental education tool. (2018). Abgerufen von [https://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2018-11/su-vrc112818.php](https://www.eurekalert.org/pub_releases/2018-11/su-vrc112818.php)

Zierer, K. (2017). *Lernen 4.0 Pädagogik vor Technik. Möglichkeiten und Grenzen einer Digitalisierung im Bildungsbereich* (1. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

# Anhang

## A Schulische Heilpädagoginnen

Für die vorliegende Bachelor-Thesis wurde bei der Evaluation des Lerninhaltes und der Konzipierung des VR-Geometrielabors, mehrmals Inputs von zwei schulischen Heilpädagoginnen eingeholt.

Name	Barbara Christoffel
Schule	Sekundarschule Büelwiesen (Winterthur)
Rolle	Schulische Heilpädagogin
Verantwortlichkeit	4 ISS während 22 Lektionen pro Woche
Verpflichtet durch	Abteilung Schulische Integration

Tabelle 9: Schulische Heilpädagogin - Barbara Christoffel

Name	Ruth Käsemodel
Schule	Sekundarschule Heiligberg (Winterthur)
Rolle	Schulische Heilpädagogin
Tätigkeiten	1 ISS, 1 ISR, 3 IF während 15 Lektionen pro Woche
Verpflichtet durch	Kanton & Abteilung Schulische Integration

Tabelle 10: Schulische Heilpädagogin - Ruth Käsemodel

## B Zusätzliche Skizzen für die Storyboards

Diverse Dreiecke in Würfeln

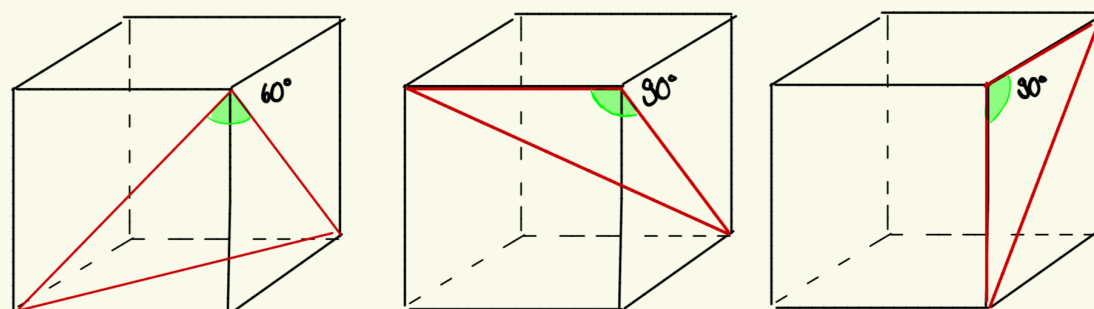


Abbildung 18: Zusätzliche Dreiecke für das Modul «Winkel erkennen: Dreiecke im Würfel»

Diverse „trennbare“ Objekte

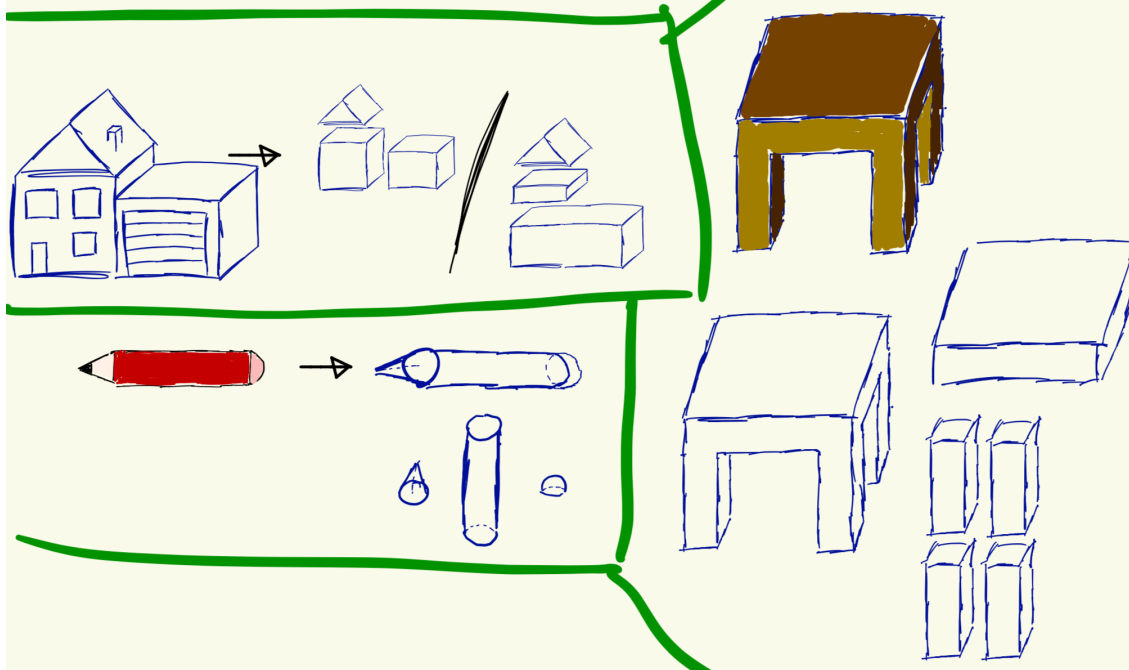


Abbildung 19: Zusätzliche Objekte für das Modul «Geometrische Körper erkennen»

## Diverse Prismen und deren Grundfläche + Höhe

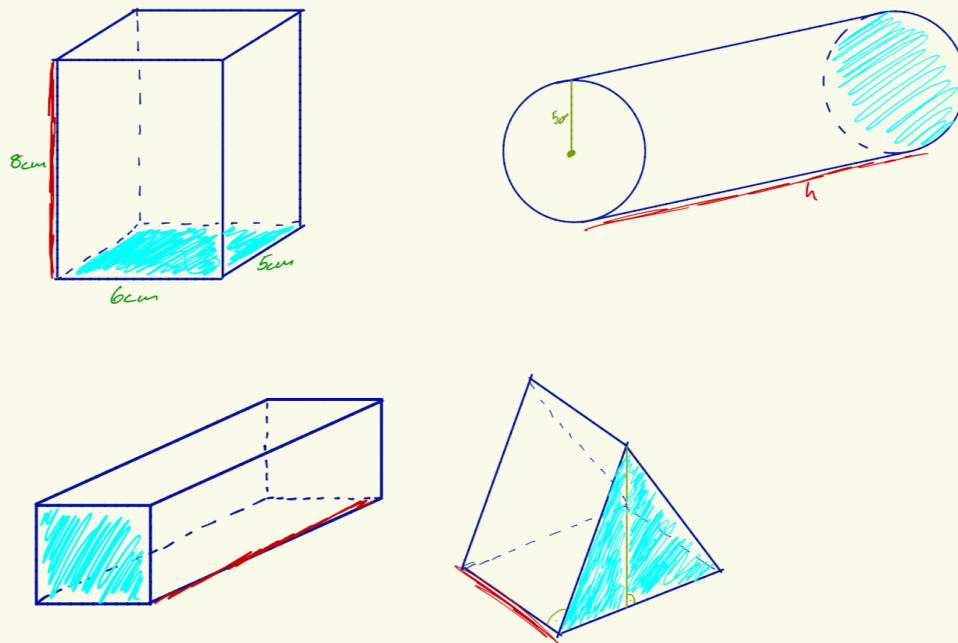


Abbildung 20: Zusätzliche Prismen für das Modul «Volumenberechnung: Erkenne Grundfläche und Höhe»

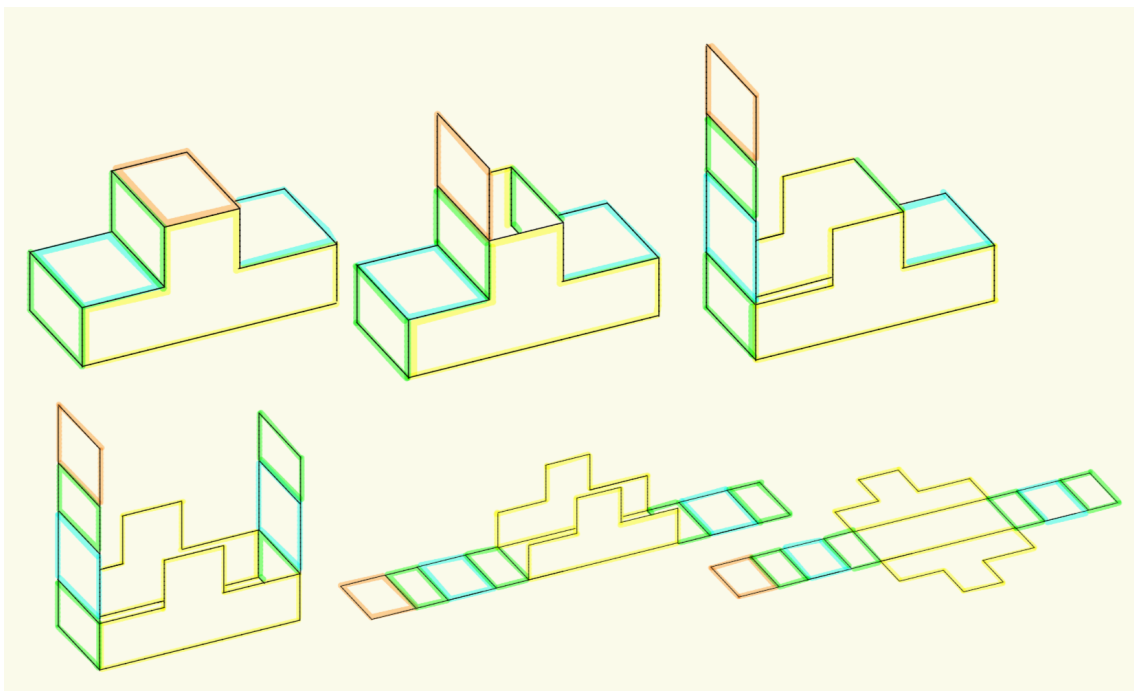


Abbildung 21: Zustände des Podestes im Modul «Oberflächeninhalt: Veranschaulichung»